الجمهورية العربية السورية
وزارة التعليم العالي
جامعة تشرين
كلية الهندسة المدنية
قسم الهندسة الإنشائية

الطرق المتطورة في ترميم حجر البناء المستخدم في الأبنية الأثرية القديمة في الساحل السوري

أطروحة لنيل درجة الماجستير

إعداد

المهندس حمزة نظام

باشراف

د.م. طارق أصلان
أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

د.م. بسام حويجة
أستاذ مساعد في كلية الهندسة المدنية
جامعة تشرين

اللاذقية آب – 2004

طبعة نهائية مزيدة ومنقحة وفق ملاحظات لجنة الحكم المؤلفة من السادة :

الأستاذ الدكتور بسام حنا كلية الهندسة المدنية – جامعة البعث .

الدكتور طارق أصلان كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور كمال الريم كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

في جلسة المناقشة التي عقدت في مدرج الشهيد باسل الأسد –كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين . في 2004/9/2 .

مقدمة

تعتبر أبحاث ديمومة مواد البناء من المواضيع الحديثة والتي انطلقت بشكل جدي في السنوات العشرين الأخيرة . لقد كان ينظر إلى الحجر الطبيعي أنه ذو ديمومة عالية بالاستناد إلـــى بقـــاء الشـــواهد والأبنية الأثرية منذ آلاف السنين إلى وقتنا هذا. إلا أنه خلال السنوات الخمسين الأخيرة لوحظت زيادة معدلات التلف بشكل كبيرة مقارنة مع معدلات التلف الحاصلة قـــبل ذلك وعلى مدى عمر المنشأ ، ويعود ذلك إلى زيادة عدائية الوسط المحيط بسبب زيادة معـــدلات الـــتلوث التـــي رافقت التقدم الصناعي، مما دفع المختصين إلى الاهتمام جدياً بهذه المشـــكلة وكانت نتيجة هذا الاهتمام ظهور العديد من الدراسات والأبحاث و المواد التي يمكن استخدامها في هذا المجال .

إلا أن الـــتعامل مـــع الأبنية الأثرية يفرض قيوداً ومبادئ يجب الالتزام بها تنبع من ضـــرورة المحافظة على أصالة هذه الأبنية وقيمتها الأثرية وأن يكون التعامل معها في أدنى مســـتويات التبديل والتحوير والمساس بالأصل والابتعاد عن الحدس والتخمين والاعتماد على الدراسات التجريبية والميدانية قبل الشروع بأي عمل ترميمي . ويتضمن ذلك:
تقييم حالة المنشأ ثم اقتراح المعالجة وإجراء التجارب وتطبيقها المعالجة وأخيراً مراقبة النتائج وتقييم العلاج

حاولـــت هـــذه الدراسة إلقاء الضوء على مبادئ علم الترميم الحديث وطرح اشكالات إهـــتراء الحجـــر ومســـبباته ومظاهـــره ، وأســـاليب التقييم المتبعة ثم عرض لأحدث المواد المســـتخدمة عالمـــياً في ترميم وتقوية الحجر ، وتقديم دراسة ميدانية لتوثيق مظاهر إهتراء الحجر في الساحل السوري عموماً وبناء متحف اللاذقية كنموذج . كما تم تطبيق إحدى مواد الترميم المستخدمة على عينات من الحجر الرملي المأخوذة من مواقع أثرية في منطقة الساحل السوري وتقييم هذه المعالجة حسب المعايير العالمية للمعالجة الناجحة .

شكر وامتنان

لم يكن ممكناً لهذا البحث – كأي عمل بحثي – أن ينجح ويرى النور دون مجهود عمل جماعي ، لذلك إني أشعر بالامتنان واقدم تقديري لكل من :

الأستاذ الدكتور علي الأسعد. عميد كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين .

الأستاذ الدكتور نزيه خيربك. كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الأستاذ الدكتور حسن عمقية . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور زكائي طريفي.كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين . وكيل الكلية للشؤون العلمية .

الدكتور نبيل دبانة رئيس قسم الهندسة الإنشائية . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور محمود سعيد . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور علي تريكية . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور عدنان خضور . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور كمال الريم . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

السادة الدكاترة في قسم الهندسة الإنشائية . كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين .

الدكتور محي الدين نظام . كلية العلوم – جامعة تشرين .

الدكتور حسان حسن . كلية العلوم – جامعة تشرين .

الدكتور جمال أحمر . كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق .

السيد المهندس غياث قطيني . محافظة دمشق.

السيد المهندس أسعد مهنا و السيد المهندس جمال حبايب . لجنة حماية دمشق القديمة .

السادة العاملون في مخابر تجريب المواد و المواصلات و مكانيك التربة و مخبر الحاسب للبحث العلمي في كلية الهندسة المدنية في جامعة تشرين .

السادة العاملون في مخابر التحليل في مؤسسة مياه اللاذقية .

السيد جمال حيدر مدير دائرة الآثار والمتاحف في اللاذقية وجميع العاملين في الدائرة .

السيد وجيه الملاح مدير دائرة الآثار والمتاحف في اللاذقية سابقاً.

السادة القيمون على المواقع الأثرية في محافظتي اللاذقية و طرطوس .

السيد المهندس نبيل غزال. السيد المهندس طوني عازار . الدكتور حميدو حمادة .السيد المهندس عادل حبش . السيد عبد الله زكريا .

كما أقدم شكري وتقديري لكل من ساهم في إنجاح هذا البحث .

حمزة

شكر خاص

أقدم شكري وامتناني للدكتور طارق أصلان والدكتور بسام حويجة اللذين تفضــلا بالإشــراف علــى هذه الرسالة . كما أجد نفسي مدفوعاً بمشاعر العرفان والوفــاء إلــى تســجيل شكري الجزيل للسيد الدكتور طارق أصلان لما بذلة من مجهود وتعب ووقت ومتابعة طيلة فترة الدراسة لكي تخرج على أفضل ما يكون . متمنــياً أننــي قد كنت (أو أصبحت) ذلك التلميذ النجيب الذي به تفخرون و الذي استحق هذا الجهد والتعب .

تلميذكم

حمزة نظام

١

إهـــــــــــــــــــداء

إلى كل محب للعلم

ويرى فيه غايته

حمزة

الفصل الأول

الأبنية الأثرية

1-1-أهمية الأبنية الأثرية القديمة:

استقطبت الأبنية القديمة (التاريخية) الاهتمام الكبير على المستوى الدولي منذ النصف الثاني من القرن العشرين وأصبحت محور اجتماعات وندوات وصدرت توصيات وشكلت لجان ومنظمات دولية بهذا الخصوص باعتبارها جزءاً من التراث الإنساني وتم تحقيق خطوات جيدة في مجال حماية الثروة الأثرية .وصدرت المواثيق والأعراف الدولية التي تنظم وتحدد أطر التعامل مع الأبنية القديمة من حيث ترميمها والمحافظة عليها وتأهيلها .وظهرت المدارس المختلفة التي تعنى بالترميم.(الملحق"1" ميثاق فينيسيا 1964).

تتميز بلادنا – مهد الحضارة الأول – بثروتها الأثرية الغنية و بتنوعها حيث تعود إلى مختلف مراحل التاريخ وتنتمي إلى مختلف المدارس المعمارية فهي تتميز بتصميماتها الإنشائية والمعمارية وبتراثها الزخرفي الذي تغنى به الرحالة والمؤرخون في الماضي وهو مثار إعجاب المختصين بالشأن المعماري والأثري في العصر الراهن ويعتبر ثروة جمة للأجيال القادمة.

حريٌ بنا المحافظة على هذه الثروة الأثرية وحمايتها وإعادة تأهيلها لأنها تؤكد دورنا الحضاري على مر التاريخ وتبرز هويتنا الأصيلة خصوصاً في ظل ظهور مفهوم العولمة .فهي مصدر فخر واعتزاز وطني وقومي في الحاضر وباعث على المضي نحو مستقبل أفضل .

كما تشكل الثروة الأثرية عاملاً هاماً من عوامل السياحة ، التي أصبحت صناعة متكاملة ولها دور اقتصادي هام لا يمكن الاستمرار في تجاهله . ففي إسبانيا مثلاً يشكل دخل السياحة أكثر من (40 %) من الدخل القومي* في حين أن مناطقنا السياحية وخصوصاً الأثرية منها لا تقل ثراءً عن مناطقها . ولا يتحقق مثل هذا التطلع إلا بجهد جماعي حثيث و

* إحصاء عام 1995 م . لايوجد رقم مماثل عن السياحة في سوريا، ولكن يمكن أخذ فكرة عن وضع السياحة في سوريا بمقارنة عدد العاملين في حقل السياحة، ففي اسبانيا بلغ عدد العاملين عام 2004 ، 1.5 مليون شخص يقابله في سوريا 64 ألف شخص .

مكـــثف . يجب أن لا يقتصر الاهتمام على المستوى الرسمي بل يجب أن يتعداه إلى مستوى الاهـــتمام الشـــعبي عـــن طريق التوعية و التوجه نحو المشاركة الشعبية للمحافظة على هذا التراث وتوضيح أهميته التاريخية و الاقتصادية.

1-2- خصوصية الأبنية الأثرية :

تتمـــتع الأبنية الأثرية (القديمة) بخصوصية تميزها عن المنشآت المعاصرة من حيث المواد المستخدمة أو الفكرة الإنشائية أو التخطيط المعماري مما يجعل التعامل معها للترميم أو الصـــيانة أمـــرًا مميزاً . فالتعامل معها يجب أن يكون حصيلة تعاون ثلاثة أطراف رئيسية وهي: الباحث التاريخي و المهندس الإنشائي و المهندس المعماري،ويعكس التفاعل والتنسيق بين هذه الأطراف الثلاثة مدى نجاح العمل الترميمي ككل ويمكن تلخيص دور كل طرف بما يلي:

- الباحث التاريخي:

توفــر الأبحـــاث والـــتحريات التاريخـــية التـــي يـــنجزها الباحـــث التاريخي قاعدة المعطـــيات(المعلومـــات) الضــــرورية عن المنشأ المدروس والتي تفيد في المراحل اللاحقـــة.فتحديد الفترات الزمنية التي تعود لها مراحل بناء المنشأ* يؤدي إلى معرفة أساليب الإنشاء المتبعة والمواد المستخدمة والأفكار المعمارية**، وكذلك تتبع مراحل التجديد والتعديل المنفذة على المنشأ الأثري.

- المهندس المعماري :

للمهـــندس المعماري دورٌ أساسيٌ في عملية إنتاج المخططات المعمارية للمنشأ وكذلك فـــي وضـــع الحلـــول الهندســـية للمنشآت القديمة التي سيعاد استثمارها بشكل جديد (مـــثل:خـــان قديـــم يحول إلى متحف) وفي وضع الحلول المناسبة للمنطقة المحيطة بالبناء القديم الذي سيستثمر بما يتلاءم مع نسيجه المعماري القديم .

- المهندس الإنشائي :

يقـــوم المهـــندس الإنشائي استناداً إلى قاعدة المعطيات المتوفرة والمخططات وعلى المعايـــنة الميدانـــية بوضـــع وتنفيذ الحلول الهندسية المناسبة لترميم وإصلاح المنشأ

---

* أغلب الأبنية القديمة تبنى على مراحل.تضاف إليها أقسام حديدة وتخضع لتعديلات تبعا للحاجة والغرض المتوخى منها،فهذا الأمر كان يخضع لاعتبارات اقتصادية واجتماعية وعسكرية.

** هناك سمات معمارية تميز كل عصر من العصور ويستطيع الباحث التاريخي عن طريقها تحديد العصر الذي ينتمي إليه ومن هذه السمات : شكل التيجان في الأعمدة ،شكل الأقواس ... الخ .

المدروس والمصادقة على كفاءة الجمل الإنشائية في مقاومة الحمولات الاستثمارية الجديدة ومدى حاجتها إلى التعديل أو التقوية ومعالجة مظاهر التلف الحاصلة في مواد البناء عن طريق تقويتها وإزالة أسباب هذه المظاهر المختلفة.

إن التركيز على هذه الأطراف الرئيسية الثلاثة لا يعني تجاهل مساهمة أطراف أخرى هامة في هذا المضمار كخبير مواد البناء والمهندس الجيوتكنيكي والجيولوجي والباحث الكيميائي والمهندس الطبوغرافي.

1-3- إشكالية الأبنية القديمة:

يشكل التعامل مع الأبنية القديمة تحدياً للمهندس المعاصر حيث أن لهذا النوع من الأعمال الهندسية حساسية كبيرة على مستويين:

المستوى الأول: إن الأبنية القديمة محط اهتمام رسمي وشعبي في آن معا بما تشكله من ثروة أثرية تؤكد الأصالة وتمثل التراث والهوية وهي مثار جذب سياحي هام.

المستوى الثاني: وهو نابع من الأول والذي يفرض أن يكون التعامل مع الأبنية القديمة في أدنى مستويات التعديل والمساس بالأصل.

ولئن كانت الأبنية القديمة تختلف تبعاً لاختلاف الحضارة والبيئة التي أنتجتها فهي على تنوعها تشترك – ولسوء الحظ – بسمة أساسية ألا وهي غياب المعلومات الدقيقة والوثائق المتعلقة بهذه المنشآت من مخططات معمارية وخواص مواد والفكرة الإنشائية ،هذه المعلومات التي تعتبر منطلق أساسي لأي عمل ترميمي.

ويعمل المهندسون العاملون في حقل الترميم على تحقيق هدفين أساسيين:

1. تحديد أسباب الضرر و الأخطار المحتملة على المنشأ القديم ومعالجتها.
2. إعادة المنشأ إلى حالته الطبيعية بأقل مستوى من التخريب والضرر.

ويعتبر كل منشأ قديم حالة فريدة متميزة عن غيرها ويجب التعامل معها على هذا الأساس فالمواد المستخدمة غير معاصرة ولها درجاتٍ متفاوتةِ من الاهتراء والتلف كما أن الجمل الإنشائية تتعرض إلى عمليات التبديل والتعديل عبر تاريخ المنشأ.

1-4- أسباب تلف المباني الأثرية القديمة:

تتعرض المباني الأثرية في أي بقعه من العالم لتأثيراتٍ ضارةٍ وعوامل تلفٍ موجودة في البيئة المحلية الأمر الذي يجعل مواد البناء المستخدمة في تلك المباني تدخل في تفاعلات

فيزيائية وكيميائية ينتج عنها أشكال تخريب متفاوتة في خطورتها والتي لا يمكن القضاء عليها نهائــياً ممــا حدا بعالم الترميم الإيطالي Torraca [1] أن يصف في أحد أبحاثه تلف المبانــي الأثــرية بقوله هو "Endless Story عبارة عن قصة لا نهاية لها " ،كما وصف William Morris أعمال الترميم بعبارة " daily care " العناية اليومية .

تعتمد شدة التلف على عدة اعتبارات أهمها :

1. طبيعة مواد البناء المستخدمة في المباني الأثرية ومدى قدرتها على مقاومة عوامل التلف .
2. العوامل المتلفة التي تهدد تلك المباني.
3. بــرامج الترمــيم والصــيانة الدورية التي يقوم بها الخبراء من أجل علاج مظاهر التلف المختلفة ومدى نجاح هذه البرامج واتباعها الأسس والقواعد العلمية.

1-5- عوامل التدهور والتلف(التخريب) :

تؤثر عوامل كثيرة على تلف أحجار البناء بأشكال متباينة ، ويمكن إدراج هذه العوامل ضمن التصنيف التالي :[12]

- عوامــل تلــف فيزيائــيّة (Physical Destruction) : الحــرارة ؛تغير الحرارة ؛الرطوبة ؛الأمطار ؛... الخ .
- عوامل تلف ميكانيكيّة (Mechanical Destruction) : بالحت ... إلخ.
- عوامــل تلف كيميائيّة (Chemical Destruction) : أحماض؛ أسس ؛ أملاح ؛مواد عضوية ؛... الخ.
- عوامــل تلــف حيويّة (Biological Destruction) : التعفنات "بكتيريا"؛ الفطور؛ الطحالب؛ الأشنيات ؛ ...الخ .
- عوامــل تلف بشريّة (Human Destruction) : مثل عمليات الصيانة ومحاولات الترميم ، عمليات الإضافة والتبديل لأسباب مختلفة .

تتضــح التأثيرات الخطيرة لعوامل التلف المختلفة أكثر بدراسة المصدر الذي جاءت منه أو نشأت فيه، و أثرت من خلاله على المباني الأثرية. [1]

1-5-1- عوامل التلف الفيزيائيّة والميكانيكيّة؛ وتسببها المتغيرات الجويّة (weathering) (الحرارة ؛ الرطوبة؛ الأمطار ؛ الرياح ... الخ):

تعتبر التغيرات المستمرة في معدلات درجات الحرارة والرطوبة يومياً وموسميًا وسنوياً من أسباب تلف مواد البناء المختلفة ،لأن هذه التغيرات تتسبب في تلف هذه المواد بطريقة مباشرة أو تشترك مع عوامل أخرى في زيادة معدلات التلف،حيث أن ارتفاع درجات الحرارة في الوسط المحيط بالمباني الأثرية يرفع حرارة مواد البناء كالأحجار الطبيعية والصناعية (الآجر واللبن)، مما يؤدي إلى زيادة حجم البلورات المعدنية التي تتكون منها هذه المواد ، ونظراً لاختلاف عوامل التمدد الحرارية لهذه البلورات تبعاً لعناصرها وفلزاتها و المواد المكونة منها تنشأ إجهادات داخلية في مواد البناء، ومع تكرار ارتفاع الحرارة وانخفاضها تتعاقب الإجهادات الداخلية ،فتحدث تعباً في المادة يطلق عليه اسم التلف الحراري الفيزيائي **thermal physical damage** الذي يتجلى في تلف الأحجار على اختلاف أنواعها وطبيعتها.فالأحجار الرسوبية مثل (الحجر الكلسي و الرملي) تنشأ بها شقوق وشروخ مختلفة العمق نتيجة هذه الظاهرة .أما الأحجار الاندفاعية مثل (الغرانيت و البازلت والديوريت)فإن مظاهر التلف تختلف اختلافا بيناً لقلة المسام و الفراغات داخلها، فعندما ترتفع درجة الحرارة نهاراً في الوسط المحيط بالحجارة الاندفاعية و الإستحالية في المباني الأثرية تتمدد أسطحها الخارجية، بينما تبقى الأسطح الداخلية على حالتها دون تمدد نتيجة عدم وصول الحرارة إليها . وفي الليل تنقلب الحال فتصبح الأجزاء الداخلية لتلك الأحجار في حالة تمدد ، بينما الأجزاء الخارجية في حالة انكماش ، بعد أن فقدت حرارتها.ونتيجة لتعاقب هذه الظاهرة تتعرض الأحجار الاندفاعية و الإستحالية للتلف الشديد حيث تنفصل أجزاء منها مختلفة الحجم و تتساقط حبيباتها المعدنية بصورة منفصلة أو على شكل تجمعات معدنية . . وتتجلى هذه الظاهرة في الأبنية الأثرية بوضوح نظراً لطول فترة وجودها.

كما تتسبب الحرارة المرتفعة في تبخر المياه الحاملة للأملاح الذائبة التي انتقلت إلى جدران المباني الأثرية من التربة حيث ينتج عن ذلك تبلور الأملاح سواء داخل الأحجار أو على سطحها .

يتراكم تأثير الرطوبة الجوية مع تأثير الحرارة في زيادة معدلات التلف الفيزيوكيميائي لمواد البناء المختلفة . إذ أن كمية الرطوبة التي تمتصها مواد البناء تتسبب في إعادة انحلال الأملاح التي كانت متبلورة داخل مواد البناء وانتقالها إلى أماكن مختلفة كما أن هذه الرطوبة تتسبب في تلف بعض المكونات المعدنية التي تتكون منها بعض أنواع الأحجار الرسوبية مثل الحجر الكلسي والرملي الذي يحتوي على نسبة من فلزات الغضار **clay minerals** التي تتعرض للذوبان نتيجة امتصاص هذه الأحجار كمية كبيرة من الرطوبة . وبمرور الوقت تفقد هذه الأحجار نسبة كبيرة من معادن الغضار كما أن الأحجار الرطبة تكون عرضة للتلف

البيولوجي لأنها تشكل وسطاً ملائماً لنمو الكائنات الحية الدقيقة من بكتيريا وطحالب وفطريات وأشنيات.

1-5-2- عوامل التلف الكيميائية:

تتأثر مواد البناء الحجرية بالهواء المحمّل بالرطوبة وبعض الغازات الصناعية وغيرها . و يؤثر الوسط البحري على المنشآت المدنية بشكل عام ، حيث يزداد تركيز الأملاح في الوسط الهوائي لمسافة 5km تقريباً من الشاطئ أو بالرذاذ أو بالمياه الجوفية للمنشآت القريبة منه . ويختلف أثر التخريب في المنشآت تبعاً للحرارة وتركيز الأملاح في الوسط. ويبين الجدول(1-1) الخواص الكيميائية لمياه البحر المتوسط قرب مرفأ اللاذقية [12]

الجدول (1-1):

الشوارد السالبة	g/ l	mval/l	mval/l %
Cl^-	27.2080	767.27	92
$SO4^{-2}$	3.1307	65.19	7.81
$HCO3^-$	0.0980	1.61	0.19
مجموعة الشوارد السالبة	30.4367	834.07	100.00

خواص مياه البحر المتوسط في ميناء اللاذقية على السطح لمسافة 1300 م من المكسر

وللأمطار تأثيرات تخريبية على المباني فهي تشكل أحد المصادر الرئيسية للرطوبة داخل مواد البناء المستخدمة، شأنها في ذلك شأن المياه الأرضية والرطوبة الجوية .غير أن تأثيرها أشد عدائية وأكثر خطورة عند انحلال بعض الغازات فيها وتشكل ما يعرف ***بالأمطار الحمضية*** فهناك أبخرة الأحماض الطبيعية مثل حمض الكربونيك أو أبخرة الأحماض الناتجة عن التلوث الجوي بالغازات الصناعية مثل حمض الكبريتيك وحمض النيتريك وحمض الهيدروكلوريك وكلها أحماض تتسبب في تلف الأحجار وخاصة الأحجار الكلسية أو الأحجار الرملية التي ترتبط حبيباتها بمادة كربونات الكالسيوم.

يشكل التلوث الجوي بكل أنواعه عوامل خطرة تسبب تلفاً في مواد البناء المستخدمة في المباني الأثرية. يعد غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2 أخطر غازات التلوث الجوي ، حيث يتحول إلى حمض الكبريت في الأجواء الرطبة و يخرّب الأحجار الكلسية والرخام ومواد المونة (الملاط) التي تحوي كربونات الكالسيوم ويحولها إلى كبريتات الكالسيوم (الجبس) $CaSO_4.2H_2O$. كما تندرج أكاسيد النتروجين NOx ضمن غازات التلوث الجوي ، التي تتحول إلى حمض النتريك في وجود الوسط الرطب حيث يتفاعل مع كربونات الكالسيوم وينتج عن هذا التفاعل أملاح نترات الكالسيوم .

$$CaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + H_2O + CO_2 \nearrow$$

$$CaCO_3 + 2\,HCl \longrightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2 \nearrow$$

$$CaCO_3 + 2\,HNO_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2 \nearrow$$

تتسـبب مخلفات التلوث الجوي مثل الأتربة وقطرات الشحوم وحبيبات الكربون التي تترسب فـوق أسطح المباني الأثرية في تشويه تلك الأسطح وتغطيتها بطبقة من المكونات السوداء. يبين الجدول(1-2) تصنيف الغازات المخربة تبعاً لتراكيزها في الهواء. كما يبين الجدول(1-3) تصنيف عدائية الوسط تبعاً لرطوبة الهواء ونوع الغاز وتركيزه .[9]

جدول (1-2):

C	B	A	
تركيز الغاز بالهواء mg/m³			
C	B	A	الغاز / الرموز
5.1-50	0.1-5	<0.1	SO2
0.51-5	0.01-0.5	<0.01	H2O
5.1-50	0.05-5	<0.05	CS2
0.51-5	0.02-0.5	<0.002	HF
0.51-2	0.05-0.5	<0.05	Cl2
1.1-10	0.05-1	<0.05	HCl

تصنيف الغازات المخربة

الجدول (1-3):

نوعية الغازات	رطوبة الهواء النسبية H ٪	عدائية الوسط
بدون غازات مخربة	أ-طقس سيئ	1- عدائية ضعيفة جداً
غازات مخربة نوع A	ب- H =<60	
بدون غازات مخربة	أ-طقس ورطوبة H>75	2-عدائية ضعيفة
غازات مخربة نوع A	ب- سيئ : H=(61-75)	
غازات مخربة نوع B	ج-H <=60	
غازات مخربة نوع A	أ- H > 75	3-عدائية متوسطة
غازات مخربة نوع B	ب - H=(61-75)	
غازات مخربة نوع C	ج-H <=60	
غازات مخربة نوع B	أ- H >75	4- عدائية شديدة
غازات مخربة نوع C	ب H=(61-75)	

تصنيف الأوساط المخربة

الصورة (1-1) توضح مدى التخريب في الحجر الرملي بتأثير غازات التلوث الجوي في البيئة المدنية (urban environment) والبيئة الساحلية (coastal environment) .



صورة(1-1):قوس النصر – مدينة اللاذقية
ويلاحظ تعرض الحجر لتشكل الحفر الصغيرة التي لا تلبث أن تتوسع لتتصل مع بعضها
في مرحلة متقدمة، كما يلاحظ تشكل طبقة سوداء على وجه الحجر

يمكـــن أن تسبب المياه السطحية Ground Water وهي المياه التي توجد تحت سطح الـــتربة وتتســـرب إلى أساسات المباني الأثرية من التربة المجاورة وهي غير المياه الجوفية under ground water التـــي توجد على مسافات أعمق كما أن مكوناتها الكيميائية تختلف عن مكونـــات المياه الجوفية ، حيث أنها قد تكون مختلطة بمكونات مياه الصرف الصحي أو مياه القنوات.

تعتـــبر المياه أخطر عوامل التلف الفيزيوكيميائية التي تنجم عنها أضرار بالغة. فهي تتســـبب فـــي تلف مواد البناء حتى لو كانت نقية وخالية من الأملاح لأنها تشكل عاملاً يحفز التفاعلات الكيماوية داخل مواد البناء ولولا المياه لكانت كل العمليات فيزيائية .

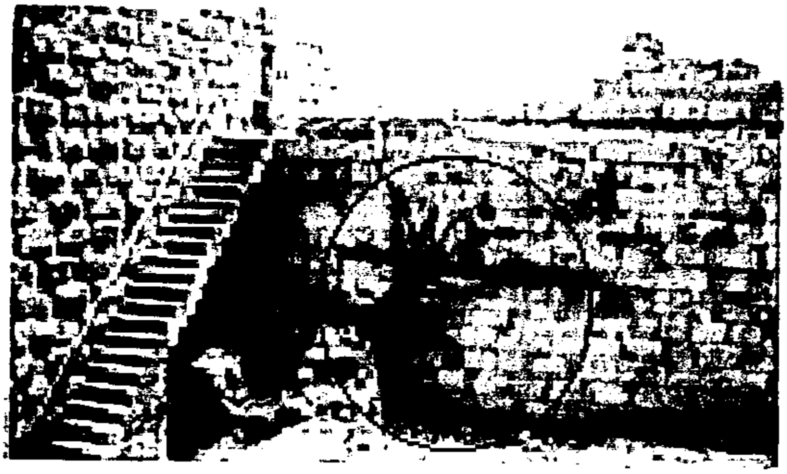
نتـــيجة لتـــبخر المياه التي تتسرب إلى الحجر بواسطة الشعيرات الماصة إما عمودياً صـــعوداً أو نـــزولاً وإمـــا من السطح إلى الداخل ،تتعرض هذه المياه لعدة تغييرات كيماوية وفيزيائية، حيث تحل بعض الأملاح من الحجارة فتغير خصائصها وتراكيزها ثم تترسب هذه الأملاح في أماكن أخرى وتتبلور.

تنتقل الأملاح باتجاه سطح الصخر أثناء البخر فتسد مسامه وعند الامتصاص ثانية تتكاثف بلورات الأملاح وتصعب عملية التبخر فتتحطم البلورات محدثة تخريبات في القشرة نفســـها و فـــي بعـــض الحالات وخاصة في المناطق الصحراوية والجبلية يتجمد الماء داخل الحجر فيؤدي إلى تحطمه.

1-5-3- التلف الحيوي Biologecal Decay :

ينشأ التلف الحيوي في الأحجار ومواد البناء المختلفة نتيجة تفاعل الكائنات الحية الدقيقة مع مادة كربونات الكالسيوم الموجودة في مواد البناء ، وتخفي التجمعات العضوية فوق أسطح مــواد البــناء مظاهــر تلف خطيرة إذ تتحول سطوح الأحجار تحتها إلى سطوح فاقدة لقوتها الميكانيكية وتتحول بمرور الوقت إلى طبقات هشة.

قد يشكل النمو البيولوجي للأحياء الدقيقة من خلال تجميع ذرات الغبار والرطوبة وسطاً ملائمــاً لــنمو النباتات الأرقى ، التي تتسبب في حدوث شروخ وشقوق تؤدي مع الزمن إلى انهــيار الواجهات الحجرية، وتبين الصورة (2) شكل من أشكال النمو النباتي في قلعة صلاح الدين قرب مدينة اللاذقية .



صورة (1-2):نمو النباتات عامل أساسي في تخريب الآثار

1-5-4- الإتلاف البشري (Decay of Human Effects):

تعرضــت كثــير من المباني الأثرية للتلف وفقدت كثيراً من عناصرها المعمارية والزخرفية بسبب تحويل هذه المباني إلى مساكن أو استخدامها استخدامات مختلفة: سياسية أو اجتماعية أو ثقافية أو عسكرية دون الحفاظ على طابعها الأثري وقيمتها التاريخية والفنية.

كمــا تعرض كثير من المباني الأثرية للتلف بسبب أعمال الصيانة والترميم الخاطئة التي أجريت دون أسس علمية ،واتباع أساليب خاطئة، واستخدام مواد كيميائية استخداماً خاطئاً مثل استخدام الإسمنت في أعمال الترميم ، فهو يحتوي على نسبة عالية من الأملاح، و يختلف في خصائصه الفيزيائية والكيميائية عن الأحجار ومواد البناء المستخدمة في المباني الأثرية ،

ويـتحول مـع الزمن إلى مادة غريبة منفصلة عن ما حولها من مواد البناء وتصبح معرضة للسقوط .



صورة(1-3):تلف الحجر بتأثير أعمال الترميم الخاطئة

1-6- الترميم – فلسفة الترميم:

ظهر علم دراسة الأبنية القديمة (الأثرية) وترميمها نتيجة الحاجة للمصادقة على كفاءة هـذه الأبنية في السعة الحملية والاستقرار تحت تأثير الحمولات الجديدة الناتجة عن ظروف الاسـتثمار الجديـدة للمنشـأ القديم (بناء سكني يحول إلى متحف) وللمحافظة على العناصر الزخرفية والبنائية وإعادة إصلاح وتأهيل المنشأ.

بـدأت الدراسات الترميمية الحديثة في الربع الأخير من القرن العشرين . وفي غياب المعلومـات الدقـيقة عـن المنشأ الأثري :خواص مواد البناء؛الاجهادات المسموحة ؛ الجمل الإنشـائية وطـرق التصـميم والإنشـاء المعتمدة في زمن الإنشاء ،كل ذلك قد فرض على المهندسـين والمختصـين القيام بخطوات جريئة في هذا المجال معتمدين على الخبرة والحس الهندسي في تقدير الاجهادات المسموحة ثم وضع الدراسات وصولاً إلى إجراءات الترميم وما يترتـب علـى ذلـك من مسؤوليات والتزامات أدى بالعديد من المهندسين إلى العزوف عن الخـوض في هذا المضمار فقد عُدلت الكثير من المنشآت القديمة حتى أنها هدمت في محاولة لترمـيمها بسـبب الـنقص في الخبرة والأساليب السليمة المستخدمة في تحديد كفاءة الجمل الإنشـائية و مـواد البـناء وبالتالي فإن القيام بالتحري التاريخي والبصري الميداني وإجراء القياسات والاختبارات الحقلية والمخبرية وبوجود الخبرة (لاتخاذ القرارات السليمة المناسبة) والإسـتفادة مـن الـتجارب العالمية في حقل الترميم توفر في مجملها المعلومات والمعطيات الكافية للقيام بعمليات الترميم .

1-6-1- فلسفة الترميم :

لعلم الترميم كغيره من العلوم الأخرى أسس نظرية وفلسفة خاصة تشكل الأساس الذي تتبــثق عنه تطبيقاته العملية الميدانية من جهة ويعتمد عليها في وضع المعايير التي تقيم على أساسها النتائج الحاصلة من جهة أخرى .ويمكن إدراج مبادئ نظرية الترميم في ثلاثة محاور هي: [14].

- المحور الأول :

إن الهــدف الأول لعملــية الترمــيم هو إبقاء البناء على حاله والحفاظ على الأشكال الهندســية الظاهــرة فــيه .فهناك العديد من المنشآت التي لها قيمة إنسانية وروحية واجتماعية تتعرض عبر التاريخ لأضرار مختلفة ويجب التدخل وترميمها لتستمر في أداء وظيفــتها .ويــتعدى اهتمام عمليات الترميم بالحفاظ على المواد المكونة ليشمل المنشأ ككل من حيث المساحة والأبعاد وأسلوب التوظيف وطريقة الإنشاء.فمن السهل إزالــة البناء القديم وبناء آخر جديد مكانه ولكن يبقى السؤال هل هذا حل مقنع؟ فمثلا بناء قديم كالمسجد الأموي بما يمثله من قيمة روحية وتاريخية وفنية،هل من المقبول إزالــته وإعادة بنائه من جديد بشكل يطابق الأصل ؟. إن طرح هذه الأسئلة ومثيلاتها والبحــث عــن أجوبــة مقنعة لها أدى إلى نشوء مدرسة فكرية تعنى بالأبنية القديمة وتدافــع عــن الأصالة ضد أعمال التقليد والتحوير،فالمسألة قبل كل شيء مسألة قيم أخلاقية.

- المحور الثاني:

الهدف الثاني لعملية الترميم يجب أن يكون إعادة استثمار وتوظيف المنشأ بعد ترميمه ومــا يحققــه ذلك من إعادة إحياء الأجزاء القديمة من المدن والاستفادة منها في ظل الزيادة السكانية والتوسع العمراني في المدن الكبيرة والمردود المادي الذي تحققه هذه التوظيفات وإمكانية استخدامه في برامج الصيانة الدورية لهذه المنشآت .

- المحور الثالث:

وهــذا المحور يرتبط بمتطلبات علم الآثار والأصالة.فيمكننا معمارياً وإنشائياً استبدال حجــر قديم بآخر حديث ولكن من وجهة نظر علم الآثار هذا غير ممكن وغير مقبول ويؤثر على القيمة التاريخية والأثرية.

وانطلاقـــاً من هذه المحاور يمكن استنباط بعض المعايير الجوهرية اللازم توفرها في عملية الترميم:

1. إن المحافظـــة علــى الشــكل واللــون والتفصيل لبناء ما يحافظ على شكله الخارجي كالأصل.
2. توفر روح المسؤولية الوجدانية والأخلاقية عند القيام بالتغيرات أو التعديلات.
3. الاحتفاظ بالمحيط التاريخي.
4. تأهيل المنشأ (الموقع)بطريقة منسجمة مع استعمالاته الأصلية.
5. استخدام التقنيات الموثوق بها من خلال التجارب.
6. تجنــب الاعتماد عند التنفيذ على الحدس والتخمين والاحتمال،واستخدام المواد الواردة في الدراسة الترميمية للمشروع فقط.
7. توثــيق الواقـــع الحقيقي للمنشأ(الموقع) قبل الترميم وكذلك التغييرات التي حدثت بعد الترميم.

1-6-2- مفهوما الترميم وإعادة التأهيل Restoration and Conservation :

تعنـــي إعادة تأهيل منشأ المصادقة على السعة الحملية والاستقرار في جملته الإنشائية وإجراء عمليات التعديل والإضافة (تقوية)عليها لتكون قادرة على تحمل الحمولات الناتجة عن ظـــروف الاستخدام الجديد للمنشأ،أما الترميم فيعني أعمال التأهيل الجزئية في المنشأ أي هو ضمن مفهوم إعادة التأهيل ويعني أيضاً المحافظة على العناصر الفنية والزخرفية والمعمارية في المنشأ.

1-6-3-الأعمال الهندسية على الأبنية القديمة:

يتضمن مفهوم الأعمال الهندسية على ما يلي :

1. التدخل الفوري والعاجل لإصلاح وإيقاف التدهور الحاصل في المنشأ القديم - نتيجة الظروف الطارئة -.

2. تأهيل المنشأ القديم لإعادة استثماره من جديد ، ويتطلب ذلك المصادقة على السعة الحملية واستقرار الجملة الإنشائية تحت تأثير الحمولات الجديدة والقيام بأعمال التعديل والاستبدال والتقوية المناسبة.

3. أعمال إعادة البناء:

تجري بعد تحديد أشكال الأجزاء المتهدمة بالاعتماد على الدراسات التاريخية وتتم إعادة بناء هذه الأجزاء (قوس متهدم) باستخدام الحجارة الأصلية الموجودة في الموقع مع ضرورة وضع الإشارات والعلامات المتعارف عليها والتي تفيد أن هذه الأجزاء قد جرى إعادة بنائها وذلك من أجل الأمانة التار[illegible]ة الأثرية.

4. القيام بالإ[illegible]ات الضرورية للمحافظة على الأجزاء ذات القيمة التاريخية:

[illegible]ادة ذات القيمة التاريخية [illegible] من منشأ [illegible] حة جدارية،أرضية [illegible]ها من وضع [illegible]

تصاويين ،ألواح [illegible]

5. الترميم الدقيق ومعالجة مواد البناء:

[illegible] أحجار البناء والعناصر الزخرفية [illegible] المحافظة عليها عن [illegible] وحمايتها من عوا[illegible] [illegible]ليب المناسبة المعتمدة على التجارب.

6. التخطيط المعماري:

[illegible] فير الخدمات [illegible] مركز استقبال- [illegible] حدائق ...

7. أعمال المراقبة والصيانة :

يجب القيام بالمراقبة المستمرة للمنشأ الأثرى حتى بعد إنجاز عمليات الترميم وذلك لتقييم نجاحها ويجب القيام بأعمال الصيانة الدورية التي تؤمن استمرارية المنشأ في أداء وظيفته.

=============

الفصل الثاني

منهجية تقييم الأبنية القديمة

1-2 مقدمة:

تشترك الأبنية القديمة بالعديد من السمات والملامح بغض النظر عن الموقع الجغرافي والموقــع الزمنـــي (الحضــــارة والبيئة التي أنتجتها) من حيث الشكل ونظام البناء والمواد المســـتخدمة، ولسوء الحظ هناك سمة مشتركة أخرى وهي عدم وجود معلومات (أو ندرتها) عن التصاميم الأصلية لهذه الأبنية .

إن فكـــرة المصمم الأصلي وطبيعة مواد البناء المستخدمة وطرق إنتاجها و وأسلوب البـــناء والإنشـــاء تساعد إلى حد كبير العاملين في حقل الترميم.وحيث أن المناهج الأكاديمية ركـــزت وتركز على مواد البناء وأساليب الإنشاء المعاصرة.فإن الدراسات التاريخية لأساليب وأنـــواع مـــواد البناء المستخدمة بالإضافة إلى إجراء الاختبارات على العينات المنتزعة من الموقـــع وإجـــراء الاختبارات الحقلية الميدانية والمخبريةستمكن العاملين في الترميم من فهم المنشــــأ موضــــوع الدراسة ووضع تصورات مبدئية عن الأعمال التي سيقومون بإنجازها أو إعــــادة صــــياغة التحلـــيل الإنشائي الأصلي وأساسيات التصميم إذا لزم الأمر.وبالتالي يمكن الوصـــول إلـــى أســـلوب عملي أكثر منه وصفي للتحقق من السعة الحملية للجمل والعناصر الإنشائية وفهم طبيعة مواد البناء المستخدمة تمهيداً للقيام بأعمال الترميم المناسبة .

توجد أمثلة عديدة على مشاريع الترميم حيث تم إنجاز أعمال الترميم بطرق أساءت للمعايير الجمالية والأثرية للمنشآت (المذكورة في الفصل الأول)، حتى أنها أدت في بعض الحالات إلى التأثير على استقرارها الإنشائي .

هناك حاجة ملحة لوضع معايير (**Criteria**) محددة لضبط مشاريع الترميم وإعادة التأهيل وتنظيم هذا الجانب الهام من العمل الهندسي من خلال كودات وأنظمة بناء وإصدار تشريعات وقوانيــــن متخصصـــــة تعــــرض المخالفين للمساءلة . وتتضح هذه الحاجة من خلال الأمرين التاليين:

- إن الدراســـــات الأكاديمـــية والكتب المرجعية والمنشورات والدوريات مكرسة بشكل مبدئـــــي لمـــواد البناء وطرق الإنشاء المعاصرة ونادراً ما نرى عمليات إعادة التأهيل والترميم كعلوم معاصرة مستقلة وجدية.
- لقـــد تعلم المهندسون الإنشائيون طرق الإنشاء وإعادة التأهيل للمنشآت الحديثة وألفوا اســـتخدام مـــواد البـــناء المعاصرة مما أكسبهم عدم الثقة بمواد البناء القديمة لأن قلة المعطيات لا تزود المهندس بأي أساس تحليلي لتقييم مواد البناء القديمة .وليس هناك أي أســـاس مرجعـــي لاستخدامه في عملية تقييم المشاريع المقترحة بالإضافة إلى أن الكلفة المرتفعة نسبياً للتقييم الإنشائي في الموقع يزيد المسألة تعقيداً .

وبالتالي نحن بحاجة إلى مهندس مجاز ومختص في عملية الترميم وإعادة التأهيل لتطبيق المعايير والمصادقة الإنشائية للاضطلاع بمتطلبات المشروع الهندسية والقانونية.
يتطلــب الوصـــول إلى المعايير المناسبة وجود خلفية عملية ونظرية وبشرية كافية في مجال الترميم ومايزال علم الترميم في خطواته الأولى ليس في سوريا فحسب بل في العالم .

2-2- طريقة مقترحة للتقييم Methodology Of Structural Assessment :

فـيما يلــي عرض لأحدى طرق تقييم المنشآت القديمة ، باعتبار أن المنشأ موضوع التقيــيم سيعاد تأهيلة وترميم العناصر المعمارية فيه ليتم استثماره من جديد.ويتميز في التقييم المقترح طوران:

2-2-1- الطور الأول (First Phase) :

يوجــد طرفان في أي مشروع من هذا النوع هما :الجهة المالكة للمشروع والمهندس الــدارس ، وانطلاقــاً من تصور الجهة المالكة لشكل الاستثمار الجديد للمنشأ يقوم المهندس بعملــيات التحري الأولية للحكم على ملاءمة المنشأ لهذا الاستثمار الجديد (من حيث المساحة والواجهــات والموقـــع العـــام والجـــوار و ...) ويجب على المهندس عند قيامه بعملية جمع المعلومـــات أن يخطو خطوة أبعد من ذلك وهي تقييم الجملة الإنشائية وحالة المنشأ من ناحية مـــواد البـــناء وهذه العملية يجب أن تسبق أي عملية أخرى لأنها تحدد صلاحية البناء لهدف الجهـــة المالكة من جهة وتعطي فكرة أولية عن التكلفة المتوقعة للمشروع وهما أمران هامان جداً إذ عليهما يتوقف أمر تعديل المشروع أو تأجيله أو حتى إلغاءه.

تتطلــب عملــية التقييم الإنشائي وجود الخبرة والمعرفة والقدرة على إتخاذ القرارات الآنيـــة المناسبة ، فالعملية هي تقدير وتدبر المعطيات الموجودة وعملية تحري بصري دقيق (Visual investigation) ويجـــب تنفـــيذها بالأســـلوب الذي يؤمن الحصول على المعلومات الضرورية للوصول إلى النتيجة الموثوقة في الوقت المناسب. تهدف عملية التقييم الأولية إلى تحديـــد الـــنقص الإنشائي والأضرار الإنشائية وتحديد الحاجة لإجراء تحري معمق (further investigation) أو تحلـــيل رياضي مفصل (mathematic analysis) أو إجراء اختبارات أو عـــدم الحاجـــة لإجراء المزيد من التحريات. وفي بعض الحالات يكون الطور الأول لعملية التقيـــيم كافـــياً للحكـــم على حالةِ المنشأ من حيث كفاءتها لأهداف الاستخدام . مع التذكير أن المنشـــأ قـــد يكون جيداً من الناحية الإنشائية بينما لا يلبي أغراض الاستثمار الجديد والتي قد تكون متعلقة بالحجم والترتيبات الفيزيائية للمنشأ .

يجب أن يتجهز أعضاء فريق العمل الذي سيقوم بعملية التقييم بالمعدات الضرورية ليقوم بعمله وليراعي معايير السلامة والأمان أثناء العمل ،وفيما يلي بعض المعدات الواجب توفرها لدى فريق العمل :

- إجهزة إضاءة كافية مع مدخرات إحتياطية .
- منطقة منارة بشكل دائم ضمن البناء تشكل نقطة إنطلاق .
- أجهزة مراقبة لنوعية الهواء ،موازين حرارة ،مقاييس للرطوبة .
- آلات تصوير مزودة بفلاش ، آلات تصوير فيديو .
- هواتف نقالة .
- سلالم ،أدوات تسلق ، حبال ،مطارق ،معاول،فراشي.
- مقاييس الأبعاد – شرائط .
- حقيبة للعينات .
- قرطاسية.
- جهاز تسجيل صوتي .
- أدوات قياس الشاقولية وضبط المناسيب .

يجـب أن يسـير الطور الأول لعملية التقييم بشكل منتظم وأسلوب منهجي والتذكير بعمليات التحري البصري التي يجب القيام بها. والأمور التي يجب التحري عنها :

1. دراسة الوثائق المتوفرة عن المنشأ .

2. تحديد الوظيفة الأولى للمنشأ وجملته الإنشائية وطرق نقل الحمولات مثل:
   أ- تحديد الإستعمال الأصلي للمنشأ .
   ب- تحديد الآلية الإنشائية .
   ت- تحديد الأبنية المجاورة وتأثيراتها المتبادلة مع المنشأ المدروس.

3. عملية التفتيش – تحديد العيوب الظاهرة بالعين المجردة .
   أ- العناصر والأقواس والأركان والوصلات الحاوية على عيوب .
   ب- السطوح والأرضيات وترابط الجدران وحالة حجر البناء .
   ت- الجدران الحاملة وعتبات الأبواب .
   ث- حالة الأساسات (تحري بصري) :
   - دليل على وجود هبوطات .

- نقص في مساحة الأساس.
- التدعيم (هل البناء بحاجة إلى تدعيم؟).

4. دلائل على وجود إخفاقات:

أ- هـل هـناك عنصـر أو جزء من الجملة الإنشائية في وضع خطر (شقوق ، انفصال ، تشوه ،...) ؟.

ب- إنهيارات موضعية – دلائل على حدوث إنهيارات .

ت- تبدل آلية نقل الحمولة نتيجة وجود إنهيار موضعيحصل في زمن ما.

ث- إمكانية حدوث إنهيار إنشائي عام : (هل يمكن حدوث إنهيار إنشائي ؟؛ كيف ومتى ؟.).

5. تقدير الحمولات الحقيقية في المنشأ :

أ- تحديـد الحمولة الميتة الحقيقية والحمولة الحية المطلوبة (من شروط الإستثمار الجديد) .

ب- حمـولات الأسـطح والأرضيات والجدران والأساسات والحمولات الجانبية (القوى الأفقية).

ت- وجود عوامل أمان :

- عوامل أمان في وقت إجراء التفتيش .
- عوامـل الأمان مع الحمولات المرتبطة بشروط الإستثمار الجديد للمنشأ .

6. كفايةالسعة الحملية في حال عدم تغيير هدف الإستثمار الجديد:

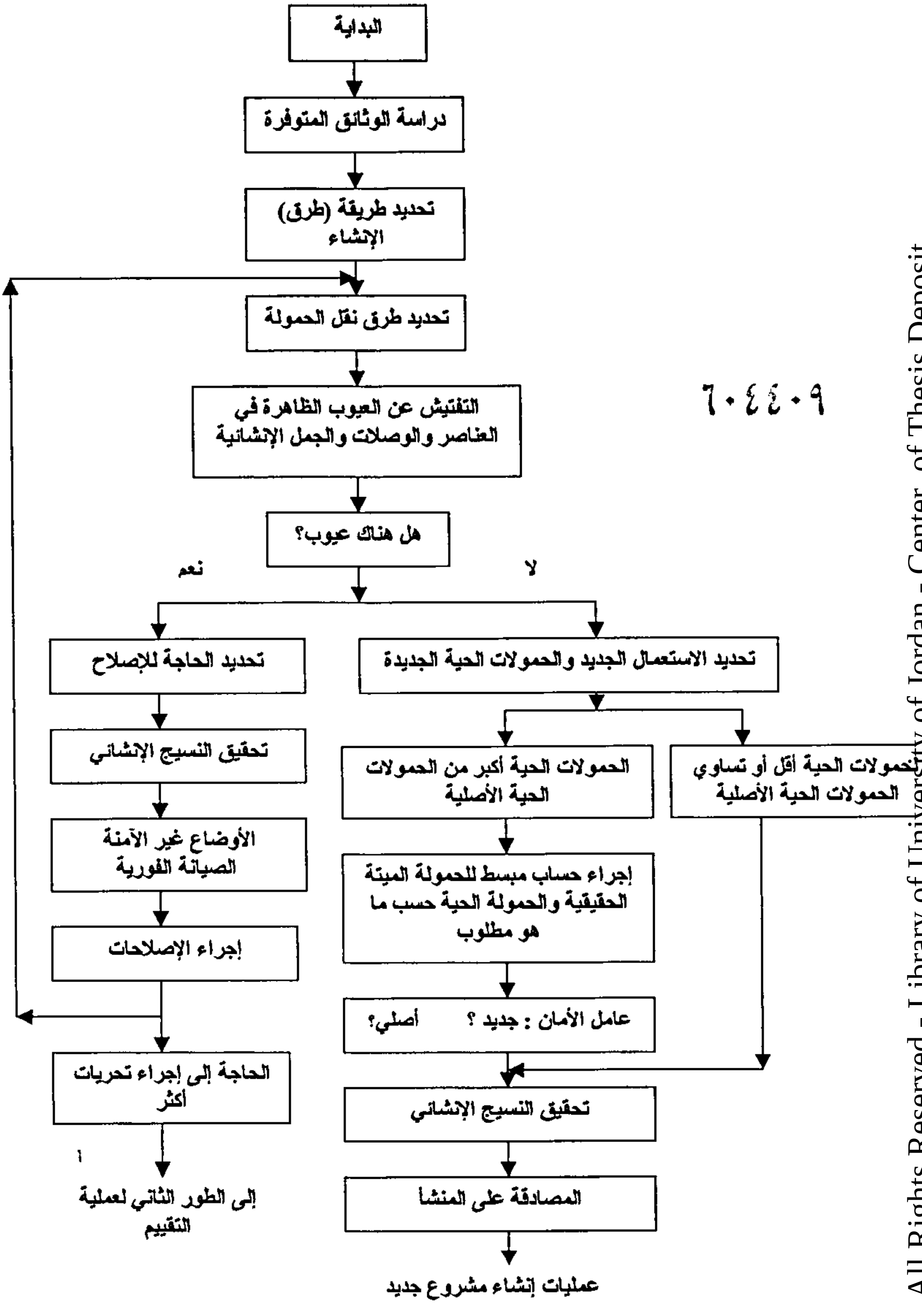
أ- كافية بدون اجراء أية إصلاحات .

ب- كافية مع الإقتصار على بعض الإصلاحات المقترحة .

7. تحديد الحاجة إلى إجراء تقييم أكثر تفصيلاً :

إذا تبين أن التحري البصري غير كاف لإعطاء حكم على حالة المنشأ يصبح من المبرر الإنتقال إلى الطور الثاني الأكثر عمقاً وتفصيلاً.

ويلخص المخطط المنطقي المبين في الشكل(2-1) الطور الأول لعملية التقييم :



٦٠٤٤٠٩

الشكل (2-1) :الطور الأول لعملية التقييم الإنشائي- بصرياً في الموقع

يمكن تحليل بعض المنشآت بسهولة ويمكن التحقق بشكلٍ مرضٍ من المقدرة الإنشائية بواسطة التحري البصري في عملية التقييم الأولية، وهنا يتطلب الأمر الخبرة والرأي الاحترافي.وفي

بعــض الحــالات تفقد الجمل الإنشائية جزءاً من احتياطي الأمان الأولي بينما تكون الحمولة الحية الناتجة عن الاستخدام الجديد المقترح أكبر قليلاً من الحمولة الحية التصميمية .ويصعب فــي كثــير من الحالات تحديد الحمولة الحية التصميمية ، ولكن بتوفر الخبرة والاختصاص يمكــن إعــادة حســاب هذه الحمولات عن طريق حجم العناصر والجدران وبالتالي حساب الحمولــة الحــية من ناتج طرح الحمولة الميتة من الحمولة الكلية .وتشكل الحمولات الجانبية مشــكلة أخــرى فــي الأبنــية القديمة فأغلب هذه الأبنية مرتبطة مع مجاوراتها وتعتمد في اســتقرارها الجانبي على هذا الارتباط وهذا الأمر غير محسوب (لم يصمم على هذا الأساس) بل هو أمر موروث في تصميم الأحياء القديمة ، وفي حالة إزالة الأبنية المجاورة يجب التنبه بشــكل جــدي لمســألة الحمولات الجانبية والاستقرار الجانبي (**Lateral Stability**) للمنشأ المدروس .

2-2-2- الطور الثاني لعملية التقييم (**Second Phase**):

إذا وجــد دلــيل على حدوث تصدعات ناتجة عن فشل الجملة الإنشائية أو نقص في كفاءتهــا – ويُحــدد ذلــك بواسطة عملية التقييم الأولية المذكورة سابقاً – تبرز الحاجة إلى تفاصــيل تحليلــية أكــثر في مناطق معينة أو على الجملة الإنشائية كاملةً. قد يتطلب التغيير الشامل لغرض استثمار المنشأ وجود حمولات حية جديدة أكبر قيمة و قد تتطلب قيام المهندس بإجراء تحليلات تفصيلية لتحديد مقدرة العناصر والجمل الإنشائية (**Structural Capacity**) على تحمل هذه الحمولات . وبناءً على هذه التحليلات يقرر المهندس المختص **professional** الحاجــة إلــى الإصلاح والترميم والتسليح والتعديل الإنشائي أو إعادة تحديد الجملة الإنشائية الحاملــة لجعــل المنشــأ يحقــق شروط الأمان والاستقرار. ويجب التأكيد دائماً على أن تتم المصــادقة على السلامة الإنشائية ومعايير الأمان والسلامة من قبل مهندس محترف في هذا المجال ،ولا يمكن المساومة عندما تكون السلامة الإنشائية على المحك .

يحــدد المهــندس المخــتص الحاجة للقيام بتحليلات معلقة أكثر وعليه أن يقرر لزوم القيام بــالطور الثانــي والأسلوب الذي يجب أن يتم وفقه العمل. يتطلب هذا الطور بعض أساليب التحري وإجراء اختبارات شبه متلفة (أخذ جزرات للإختبار) و تحليلات رياضية مفصلة . يجــب الوصول إلى العناصر المخفية كافةً ومعاينتها وتحديد مظاهر التلف ودرجته . يفضل الحصــول على المعلومات المطلوبة بأقل ما يمكن من التدخلات مع الحرص والحذر والخبرة يمكن تجنب إلحاق الضرر بالمنشأ .

يجب أن يكون الطور الثاني لعملية التقييم شاملاً ومعمقاً، ويختلف الأسلوب المتبع تبعاً للمشروع المدروس، لكن يجب أن يتضمن في حده الأدنى الإجراءات التالية :

- التفتيش والفحص البصري .
- أخذ العينات وإجراء الإختبارات .
- الوصول إلى العناصر المخفية والتحقق منها .
- استخدام أساليب بحث وتحري علمية وموثوقة .

=============

2-3 – طرق تقييم (مقاومة) حجر البناء :

تتشكل الجمل الإنشائية في الأبنية القديمة أساساً من جدران حاملة وتتأثر كفاءة هذه الجمل بصورة كبيرة بمكونات هذه الجدران وهي حجارة البناء والمونة الرابطة . وبالتالي فإن تحديد مقاومات الحجارة والمونة المستخدمة في البناء والإجهادات المتولدة فيها هي عوامل أساسية في تقييم المنشآت .

2-3-1- اختبار مادة الحجر بالأمواج فوق الصوتية : Ultra Sonic Test

يمكن تقدير مقاومة الجدار الحجري بدقة مقبولة باستخدام أجهزة الأمواج فوق الصوتية ، كما يمكن تقدير خواص الحجر الأخرى وتحديد الشقوق والتكهفات فيه ويعتمد مبدأ الطريقة على قياس سرعة انتقال الأمواج فوق الصوتية في المادة، وتتناسب مقاومة المادة وتجانسها طرداً مع زيادة سرعة الصوت فيها.

2-3-2 – الطريقة المباشرة في قياس الإجهاد ضمن حجر البناء :

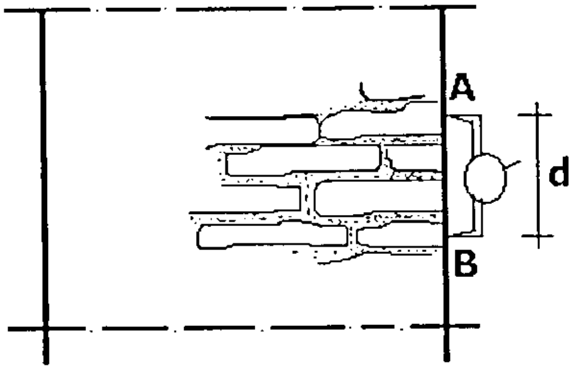
وهي إحدى الطرق المباشرة لقياس الإجهاد الذي يخضع له الحجر ضمن نسيج البناء .وتعتبر من الطرق المتلفة ويفضل استخدامها في المنشآت القوسية حيث تسود إجهادات الضغط فيها وتتلخص بما يلي :

- المعدات اللازمة :
  - صفائح فولاذية عالية المقاومة بشكل نصف دائرة .

- منشـــار قطع للحجر ذو رأس ألماسي بحيث يلحق أقل ضرر ممكن في مادة الحجر .
- مكبس هيدروليكي مزود بمؤشر لقياس القوة.
- أدوات دقيقة لقياس الأبعاد .

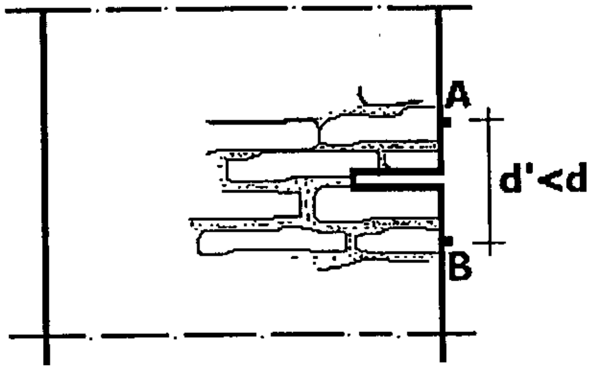
- الفكرة النظرية للطريقة :

يـــتم تعليم نقطتين من الجزء المراد قياس الإجهاد فيه (جدار، قوس ...) ولتكن A , B ، تحدد المسافة بينهما ولتكن d الشكل (2-2-a) .ينشر الحجر بالمنشار في منتصف المسافة بيـــن النقطتيـــن A و B فـــيلاحظ أنهـــا نقصت وأصبحت 'd الشكل (2-2- b) . تدخل صـــفيحتان فولاذيـــتان ضمن الثلم وتحشر بينهما ذراعي المكبس الهيدروليكي ، يزاد ضغط المكـــبس تدريجياً وتراقب المسافة بين النقطتين .عندما تعود المسافة بين النقطتين إلى القيمة الأصـــلية d الشـــكل (2-2-c) تقرأ قيمة القوة على ساعة المكبس الهيدروليكي وبإجراء حسابات مبسطة يمكن استنباط توزع الإجهادات في المقطع المدروس ومن ثم استنتاج الحالة الإجهادية للعنصر .

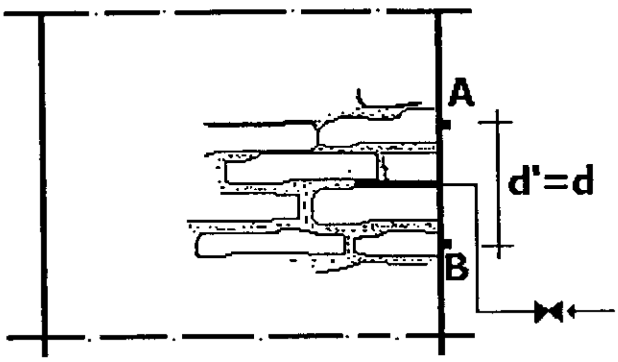


(a)

الشكل (2-2) :مراحل القياس المباشر للإجهاد ضمن حجر البناء



(b)



(c)

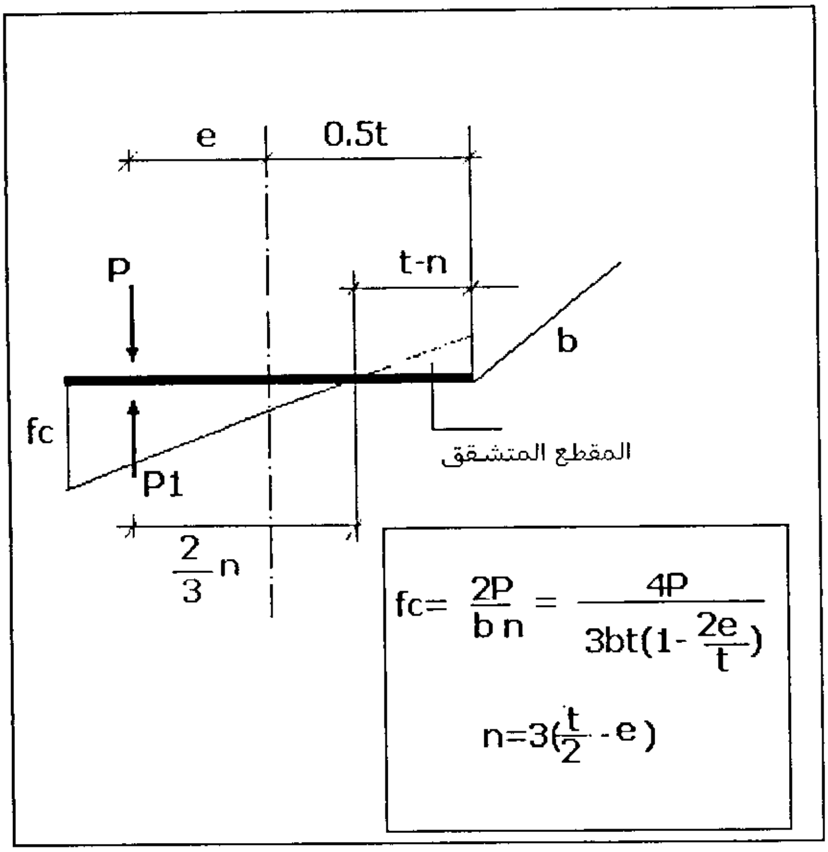
تابع الشكل (2-2) :مراحل القياس المباشر للإجهاد ضمن حجر البناء

2-4- إشكالية تقييم الإجهادات في المقاطع الحجرية :

بعد الوصول إلى الحالة الإجهادية للعنصر أو لجميع عناصر المنشأ المدروسة، يتم من خلال مقاطعة كافة المعلومات عن المنشأ، تقييم الحالة الإنشائية من حيث المقاومة والاستقرار وعوامل الأمان و إمكانية تحمل للحمولات الجديدة الناتجة عن ظروف الإستثمار الجديد للمنشأ وهذا يتطلب إجراء بعض الحسابات الإنشائية على المقاطع الحرجة .

يطـبق الكثـير مـن المختصين في حساباتهم طريقة المقطع المتشقق الشكل (2-3) (إهمال منطقة الشد) ،غير أن الشعور السائد لدى المختصين في الولايات المتحدة الأمريكية أن طـريقة المقطـع المتشقق لا تعبر عن الحالة الإجهادية بدقة فهي تعطي قيماً أعلى من الواقع لإجهادات الضغط في طرف مقطع الجدار ،ويفضلون السماح بقيمة صغيرة لإجهاد الشد تصل

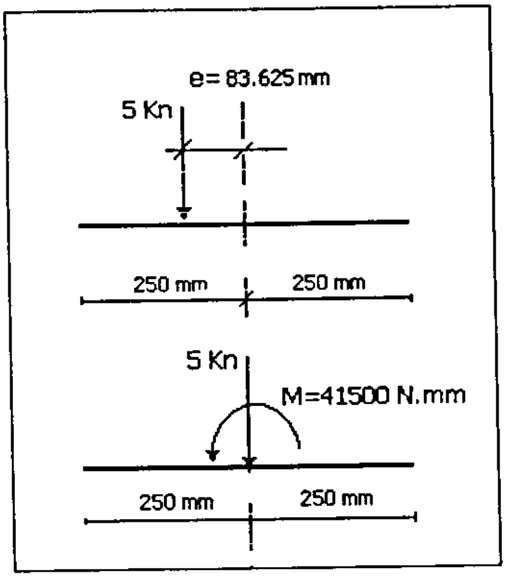
إلى حوالي (4-5%) من قيمة إجهاد الضغط المسموح على الطرف المقابل لمقطع الجدار مما يجعل الحل أقرب إلى الواقع.



الشكل(2-3) :تحليل الإجهادات بطريقة المقطع المتشقق

<u>مثال (1).حالة إجهاد شد أصغري :</u>

سماكة الجدار **500mm** (البعد بالاتجاه الآخر يؤخذ واحدة الأطوال) ،الحمولة **5kn** وحددت اللامركزية بحيث تولد إجهاد شد مقداره **0.035N/mm2** يوضح الشكل (2-3) المقطع والقوة المؤثرة والعزم الناتج عن لامركزية القوة .

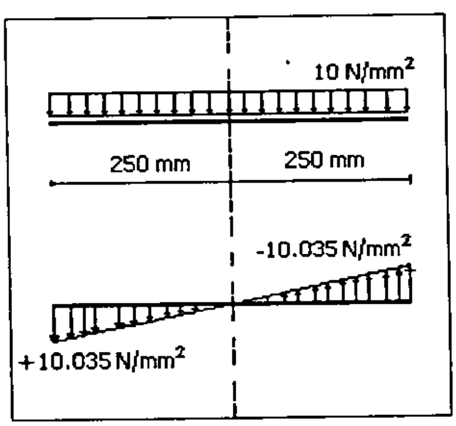


الشكل (2-4) : المقطع والقوى الخارجية

يكون العزم الناتج عن اللامركزية : $M=P * e=5000 * 83.625=418125$ N.mm

العزم المقاوم للمقطع : $w=b *h^2/6=1 * (500)^2/6=41666.66667$ mm^3

ويوضح الشكل (2-4) مخطط إجهادات الضغط الناتجة عن القوة ومخطط الإجهادات الناتج عن عزم الإنعطاف .



الشكل (2-5): مخطط الإجهادات الناتجة عن القوة المركزة وعزم الإنعطاف

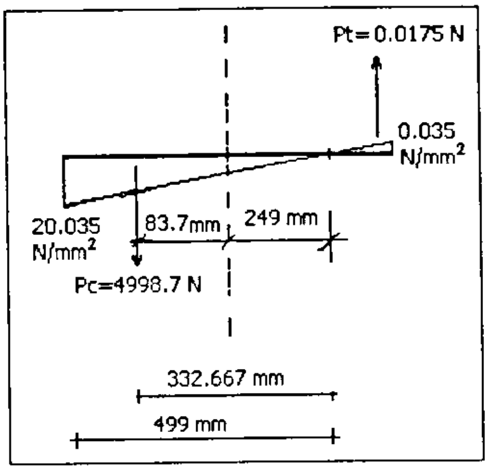
ومخطط الإجهادات الكلي موضح بالشكل (2-5) .وبإجراء التحقق من خلال معادلات التوازن في المستوي نجد :

Σ Fv=5000.015+0.0152=**5000 N** (القوة الأولية).

Σ M_o=5000.015*83.624+0.0152*(249.1281+0.581)=418124.88 N.mm

#418125 N.mm

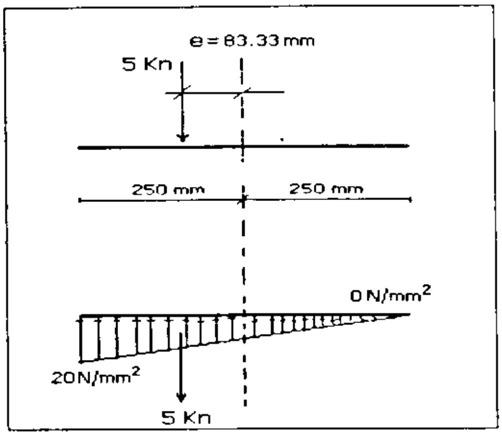
(ok)



الشكل (2-6) : مخطط الإجهاد الكلي

<u>مثال (2).حالة إجهاد شد صفري :</u>

حــتى يكــون إجهاد الشد صفراً يجب أن يكون العزم الخارجي 416666.67 N.mm واللامركزية تساوي 83.33 mm ويكون مخطط الإجهاد كما في الشكل (2-6) .



الشكل(2-7) :مخطط الإجهادات في حالة إجهادا شد صفري

يبيــن الجدول (2-1) حالات تحميل مختلفة لجدار بسمك 300 mm والإجهادات المتولدة فــي المقطــع العرضــي محسوبة بالطريقة الإصطلاحية (Conventional Analysis) وبطريقة المقطع المتشقق (Cracked Section Analysis) .

الجدول (2-1) :

الطريقة التقليدية سمك الجدار = 300 mm عزم العطالة = $2250000\ mm^4$ العزم المقاوم = $15000\ mm^3$ إجهاد الشد الأعظمي المسموح= $0.126 N/mm^2$									طريقة المقطع المتشقق $n = 3(t/2-e)$ $f'c=2P/b.\ n$		
t mm	f_{co} N/mm^2	P N	e mm	M N.mm	z mm	f_b N/mm^2	f_c N/mm^2	ft N/mm^2	e mm	n mm	f'_c N/mm^2
300	5	1500	0	0	0	0.0	5.0	0.0[1]	0	0	5.00
300	5	1500	25	37500	450	2.5	7.5	2.5	25	375	8.00
300	5	1500	50	75000	300	5.0	10.0	0.0	50	300	10.00
300	5	1500	75	112500	250	7.5	12.5	-2.5	75	225	13.33
300	5	1500	85	127500	238.235	8.5	13.5	-3.5	85	195	15.38
300	5	1500	100	150000	225	10.0	15.0	-5.0	100	150	20.00
300	5	1500	125	187500	210	12.5	17.5	-7.5	125	75	40.00
300	6.67	2000	0	0	0	0.0	6.7	0.0	0	0	6.70
300	6.67	2000	25	50000	450	3.3	10.0	3.3	25	375	10.67
300	6.67	2000	50	100000	300	6.7	13.3	0.0	50	300	13.33
300	6.67	2000	75	150000	250	10.0	16.7	-3.3	75	225	17.78
300	6.67	2000	85	170000	238.235	11.3	18.0	-4.7	85	195	20.51
300	6.67	2000	100	200000	225	13.3	20.0	-6.7	100	150	26.67
300	6.67	2000	125	250000	210	16.7	23.3	-10.0	125	75	53.33
300	7.67	2300	0	0	0	0.0	7.7	0.0	0	0	7.70
300	7.67	2300	25	57500	450	3.8	11.5	3.8	25	375	12.27
300	7.67	2300	50	115000	300	7.7	15.3	0.0	50	300	15.33
300	7.67	2300	75	172500	250	11.5	19.2	-3.8	75	225	20.44
300	7.67	2300	85	195500	238.235	13.0	20.7	-5.4	85	195	23.59
300	7.67	2300	100	230000	225	15.3	23.0	-7.7	100	150	30.67
300	7.67	2300	125	287500	210	19.2	26.8	-11.5	125	75	61.33

t: سماكة الجدار .

f_{co} : الإجهاد الناتج عن القوة P .

P : القوة المطبقة .

e : اللامركزية .

M: العزم المطبق .

Z: بعد المحور الحيادي عن الليف المضغوط (بالطريقة التقليدية) .

f_b: الإجهاد الناتج عن عزم الإنعطاف (بالطريقة التقليدية).

f_c: إجهاد الضغط الكلي الأعظمي(بالطريقة التقليدية) .

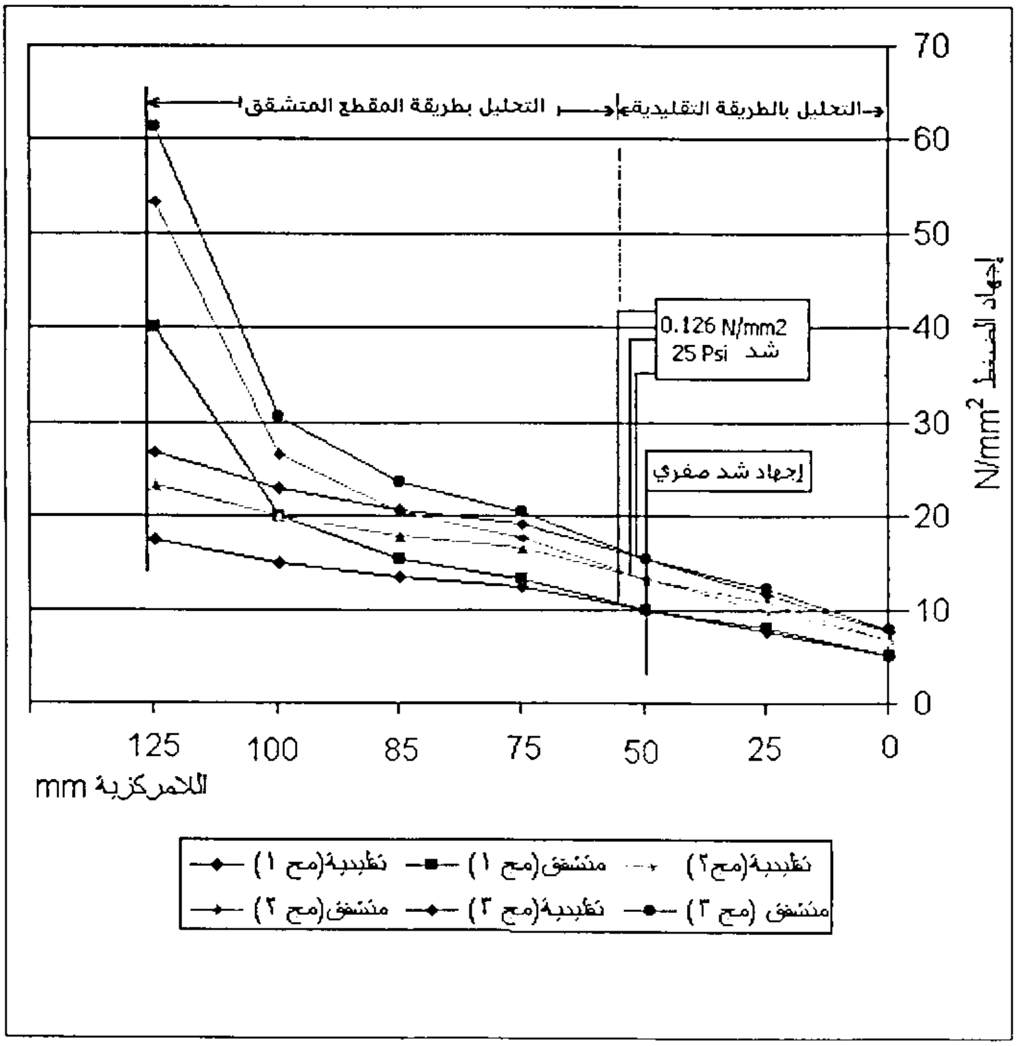
ft: الإجهاد المرافق لإجهاد الضغط الأعظمي(بالطريقة التقليدية) .

n: أرتفاع مثلث الضغط (طريقة المقطع المتشقق).

f'_c : إجهاد الضغط الأعظمي (طريقة المقطع المتشقق)

الحمولات واللامركزية والحالة الإجهادية الناتجة عنها في مقطع جدار سماكته 300 مم

[1] حالة حمولة مركزية ومخطط الإجهادات ثابت على كامل المقطع (ضغط)ولا توجد إجهادات شد وقيمة الصفر هنا قيمة إعتبارية .



الشكل (2-8) : مقارنة قيم الإجهادات المحسوبة وفق الطريقة التقليدية مع قيم طريقة المقطع المتشقق – من أجل جدار بسماكة 300 مم

يتضح من الجدول(2-1) والشكل (2-8) أن التحليل بطريقة المقطع المتشقق والطريقة التقليدية يعطي نتائج متطابقة في مرحلة معينة (عندما تكون قيم اللامركزية صغيرة) إلا أن النتائج تختلف اختلافاً بيناً كلما زادت قيمة اللامركزية وهذا يدل على أنه في المرحلة الأولى يمكن تطبيق إي من الطريقتين ولكن في المرحلة الثانية (اللامركزية كبيرة) تزداد قيمة إجهادات الشد في طرف المقطع المشدود وتصل إلى قيم أعلى من المسموح بها.

يجب أن يكون إعطاء رأي هندسي وحكم منطقي حول الحالة الإنشائية لمنشأ تاريخي وإمكانية إعادة استثماره بشكل مشابه لاستخدامه الأصلي أو بشكل مختلف وجديد مع تمتعه بشروط السلامة والأمان كافة وضمان تلبيته لمتطلبات هذا الاستثمار مع وضع الدراسات

والتصـــورات لأعمال الترميم كافةً وإعادة التأهيل اللازمة بما فيها دراسة الجدوى الاقتصادية لهــذا المشـــروع ،هدفاً للمهندسين المختصيين الذين يجب أن تتوفر فيهم الخبرة الكافية التي تمكـــنهم مـــن اقتراح عمليات التحري والتفتيش اللازمة للحصول على المعطيات الضرورية والكافية واختيار طرق التحليل المناسبة للوصول إلى حكم هندسي صحيح وسليم ، خصوصاً في ظل غياب الكودات وندرة الدراسات والأبحاث التي تتناول موضوع الأبنية التاريخية .

إن وضع أسس وقواعد تنظم عمل المعنيين في مجال ترميم الأبنية التاريخية من خلال كودات متخصصة بشكل مشابه للكودات المتعلقة بالأبنية المعاصرة بحيث تتوضح المسؤولية الهندسية والفنية والقانونية وتشكل بيئة عمل واضحة لمختلف المعنيين بهذا المجال ؛ يجب أن يكـــون الهـــدف الـــذي يجب بلوغه لأن تراكم الخبرة والممارسة ينتج بالضرورة أسساً يمكن الاعتماد عليها في وضع الكودات المتخصصة بهذا المجال .

============================

الفصل الثالث

تلف حجر البناء

3-1- مقدمة :

إن فهم مشكلة تلف الحجر والتعمق بدراسة أسبابها وتتبع نتائجها هو الأسلوب الوحيد الذي يمكن من الوصول إلى الحلول المناسبة و الصحيحة ، خصوصاً أن أسباب التلف متعددة ومتداخلة (كما هو مذكور في الفصل الأول) .يتطرق في هذا الفصل إلى تناول هذه المسألة بشيء من التفصيل وإلى محاولات بعض المختصين نمذجة المسألة رياضياً والوصول إلى مقدار كمي يعبر عن التلف وهو ما يعرف بـ (نسبة الضياع الحاصلة في وجه الحجر مع الزمن **Rate of Stone Decay**).

3-2- أشكال تلف الحجر الرملي بتأثير العوامل الجوية :

3-2-1 -تقشر وجه الحجر :

بالرغم من أن الحجر الرملي الذي لم يتعرض للعوامل الجوية (Fresh) يكون ذا لون أصفر داكن وسطوح مستقرة إلا أنه قابل لتغيير لونه عند تكشفه فيصبح رمادياً أو أسوداً. وتكون السطوح الخشنة عادة أقل قابلية للإسوداد من السطوح الناعمة المصقولة.

يتعرض سطح الحجر مع الزمن لتغيرات بحيث تتكون على سطحه قشرة قاسية أقل نفاذية وتعزى هذه القساوة إلى ترسب السليكا على شكل حشوات في مسام الحجر بشكل أساسي وعلى شكل تجمعات محدودة على سطح الحجر وتكون عبارة عن حبيبات ناعمة ذات أبعاد µm (**1-10**) ملتصقة بحبيبات الرمل .وفي السطوح شديدة التقشر تكون حبيبات الرمل مغلفة بشكل كامل أو شبه كامل بالسيليكا ويترافق ذلك مع انتشار الطحالب والمستعمرات الفطرية .ومن العناصر الشائعة في هذه القشرة بالإضافة إلى السيلكا :شوارد البوتاسيوم والحديد والكبريتات والفوسفاتات والكالسيوم والكلور. [K^+, Fe^{+3}, SO_4^{-2}, PO_4^{-2}, Ca^+, Cl^-]

3-2-2- التفكك الحبيبي وتحفر وجه الحجر :

قد تصبح الحبيبات على سطح الحجر مفككة وعندما تتعرض للفرك أو الغسيل أو النفخ وفي أدنى الأحوال لتأثير الجاذبية فإنها تسقط .يسبب هذا التفكك الحبيبي تخرباً عاماً في سطح الحجر ويؤدي إلى تخرب النقوش إذا كانت موجودة .

يؤدي تقشر السطح إلى التقليل من معدلات التفكك الحبيبي إلا أنه يمكن ملاحظة حصول تفكك حبيبي في سطوح تتعرض أيضاً للتقشر .وعندما تختل عملية التقشر

نتـيجة الســرعة المــرتفعة للتفكك الحبيبي الموضعي المتعلق بتجانس سطح الحجر ،تظهر الحفر .تبدأ الحفر بأحجام صغيرة ولكنها تتضخم تدريجياً لأنها تكشف الطبقات الطـرية تحــت الســطح وتجعلها عرضة لتأثير العوامل الجوية وهكذا تتوسع الحفر الصغيرة حتى تلتئم مع بعضها لتشكل منطقة تجويف كبيرة .

3-2-3- انفصال (انسلاخ) وتكسير وجه الحجر :

يعــرف التكســير بأنــه انفصـــال الشظايا المتطبقة والتي تزيد سماكتها عن **3mm** .ويعــزى التكســير إلى نجاح عوامل التخريب الجوية في فتح ثغرة في طبقة ضعيفة تتوضع بشكل موازي للسطح .ولكن الإنسلاخ (انفصال طبقات بسمك أقل من **3mm**)أكثر شيوعاً من التكسير .

3-2-4- التشقق :

تقسم الشقوق الشعرية الدقيقة سطح القشرة إلى مضلعات (بشبة قرص العسل) وتكون أبعادهـــا **(5-15)mm** وهـــذه التشكيلات الهندسية تستقطب عمليات التخريب بشكل كبير فغالباً تصبح الشقوق أعرض وتبدأ هذه المضلعات بالتخريب وتنفصل عن الطبقة الحاملة.

تنتج الشقوق الشعرية بسبب الإجهادات الناتجة عن حركة الرطوبة وترسيب الأملاح وترسيب السيليكا والتغيرات الحرارية التي تسبب الإنكماش والتمدد .ولكن تفسير سبب حـــدوث الشـــقوق الكبــيرة أكثر صعوبة ولكن الإعتقاد السائد هو أنها بسبب تحرر الإجهـــادات الداخلـــية (الكامنة) بتأثير العوامل الخارجية في نقاط الضعف والعيوب ضمن مادة الحجر.

3-3 – تأثير الأملاح المنحلة :

يـــترافق وجود الأملاح في الحجر مع المظاهر المختلفة لتخرب الحجر المستخدم في البـــناء مـــثل التكسير والتفكك وتزهر الحجر (تبلور الأملاح على وجه الحجر) وتعزى جميع مظاهر التلف إلى آليات مختلفة متضمنة تأثيرات الحرارة والرطوبة المتعاقبة وتبلور وانتقال الأملاح ضمن الحجر.

ويكفـــي أن ندلـــل على دور الأملاح في تلف حجر البناء بأن جميع الدراسات التي جرت في المملكـــة المتحدة تدل على أن السبب الرئيسي لتلف حجر البناء في البيئة المدنية (urban) هو

تــبلور الأملاح داخل مسام الحجر[2].تعتمد مقاومة الحجر للأضرار الناتجة عن تبلور الأملاح علـــى النســـيج الداخلي للحجر وتزداد هذه المقاومة بازدياد نسبة المسامات الدقيقة (المسامية المفـتوحة).تحـدث البلورة للأملاح المنحلة الحرة مثل كلوريد الصوديوم (NaCl) وكبريتات الصـــوديوم (Na_2SO_4) أو ماءات الصوديوم (NaOH) وينتج عنها تفتت وجه الحجر .ولقد تم التحري والاستقصاء عن هذا النوع من التلف من قبل العديد من الباحثين مثل (Evans I.S. و (Charola A.E., Weber J)[3]. وتشير الحصيلة العامة لهذه الدراسات إلى أن التلف الناتج عــن الأمــلاح يحــدث فقط عندما يكون محتوى الرطوبة مرتفعاً ضمن الحجر والإمكانيات المــتوفرة للانحــلال والنقل والتبلور للأملاح القابلة للانحلال.ويلاحظ أن كبريتات الصوديوم التـــي يمكن أن تتبلور على شكل ملح مائي ($Na_2SO_4.10H_2O$) أو لا مائي (Na_2SO_4) أنها مســـببة للتلف بمعدلات عالية مقارنة مع أملاح الصوديوم اللامائية مثل (NaCl)، ولكن ليس جلـــياً حـــتى الآن فيما إذا كانت هذه الزيادة في معدلات التلف تعود إلى عملية التبلور أو إلى الخصائص المائية لهذا الملح .

ولقد عكف المختصون من أمثال (Steinborn,Correns)على وضع نماذج مخبرية(Models) فـــي محاولـــة لتفســـير وشـــرح الأضرار التي تسببها الأملاح وكذلك أقترح (Snethlage و Wendler)[4] نموذجـــاً يعتمد على تجاوز كمية الأملاح وتركيزها في النموذج للحدود الطبيعية بتأثير الرطوبة ولأنواع مختلفة من الأيونات المنحلة ،أي تثبيت كافة الشروط وجعل التغير في نوع الأيونات المنحلة . وباستخدام هذا النموذج تم كشف العلاقة بين منطقة إندفاع الأملاح مع منطقة الإختراق الأعظمي للرطوبة .

ولفهـــم مســـألة تلف الحجر الناتج عن الأملاح يجب أن تدرس مصادره وكيفية نشوء تأثيراته مخـــبرياً.وإن الآلـــية الأساســـية للتخريب الجوي الكيماوي هي إنتزاع الإيونات من فلزات (minerals) النســـيج الصـــخري مـــع الانتباه إلى أن الماء هو العامل الأكثر أهمية في هذه

---

[2] Lewin S.Z., The mecanizim of masonry decay through crystallization ,in Conservation of Historic Stone Buildings and Monuments, (National Academic Press ,Washington 1982).

[3] انظر :

Evans I.S. Salts crystallization and weathering .1970 .

Charola A.E. and Weber J. , The hydration –dehydration mechansim of sodium sulphate .in the Iinternational Congress on the Deterioration and Consevation of Stone . (Lisbon , Portugal , 15-18 June 1992) .

[4] Snethlage R , Wendler E.,Moisture Cycles and Sandstone Degradation .Saving our Architecural Heritage :The consevation of historic Stone structures ed. Baer N.S. and Snethlage R. 1997 .

العملـــية . ومـــن قـــياس تركيز الإيونات الراشحة من عينة حجر خلال غمرها بالماء يمكننا ربطها بمعدلات التلف الحاصلة[5] .

3-4- النمو الحيوي:

إن الـــنمو الحيوي Biological growth شائع جداً على واجهات الأبنية ويضم كل من الطحالـــب (Algae) والأشـــنيات (Lichen) والفطور (Fungus) والبكتيريا (Bacterium) ، وعلـــى الأخـــص فـــي المناطق الريفية . فهي تستعمر النسيج الحجري في حال توفر شروط الرطوبة والضوء ودرجة الحرارة والتغذية المناسبة .ويترافق النمو البيولوجي عادةً مع ظهور طبقة سوداء على سطح الحجر تحت منطقة النمو البيولوجي ، يوضح فحص المنطقة عن كثب الطبيعة البيولوجية لطبقة الإتساخ .ويعتبر النمو البيولوجي على الواجهات القديمة مسألة ذات طابع حسي وجمالي لدى العديد من الناس .

ليس بالضرورة أن يكون النمو البيولوجي ضاراً وهذا يتعلق بتوفر شروط أخرى أي أنه ليس من الضروري إزالته في كل الحالات ،ولقد تم تشجيع النمو البيولوجي على الواجهات فـــي الماضي باستخدام عدة وسائل مثل الماء وروث الحيوانات والبولة وقشدة الحليب .ويمكن للنمو البيولوجي أن يحمي الحجر من عوامل التلف الأخرى وبخاصة الناتجة عن الرياح وقد يعطـــيه بعداً جمالياً، ولكنه يظل أحد العوامل التي تساعد على تلف الحجر . حيث يمكن أن يـــؤدي أيضاً إلى إخفاء الكتابات والنقوش ويسبب تلفها ،وفي بعض الأحيان يكون لها سطوح لـــزجة تمكـــنها مـــن إكتســـاب (جمع) ذرات الغبار من الجو المحيط فتزيد من عمليات تبقع الواجهـــات وإتساخها كما تساعد في تأسيس ظروف النمو للنباتات الأرقى وهذه بدورها تزيد من معدلات احتجاز الماء وتقليل التبخر مؤدية إلى حدوث مشاكل مستقبلية .

3-5- النمو الحيوي وعلاقته بمسامية الحجر :

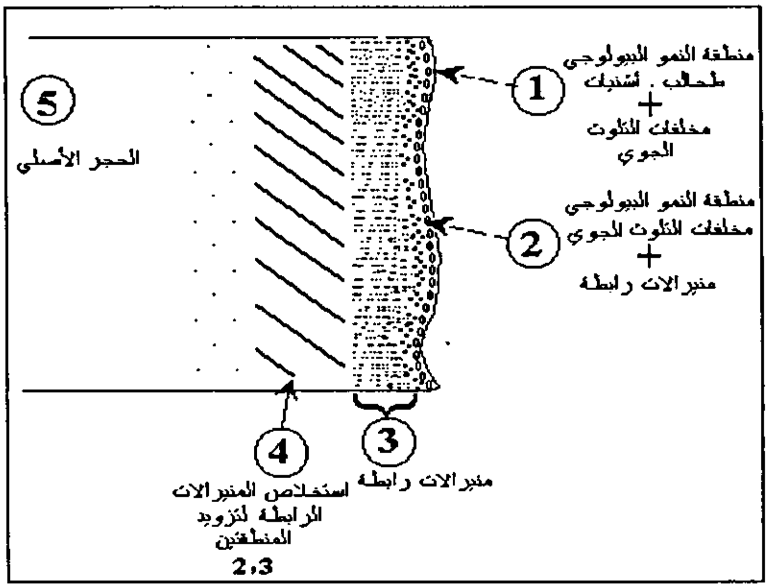
تـوجــد سمتان للمسامية (Porosity) تؤثران على النمو البيولوجي وهما:حجم المسام الفعال ؛الذي يتحكم بكمية الماء التي يمكن أن تحتجز داخل الحجر ،واتصال المسام وتوزعها ؛ الـــذي يـــتحكم بـــالحجم الـــذي يمكن أن يشغله الماء داخل الحجر أي بالمسامية المفتوحة والمسامية المغلقة. يكون حجم الأحياء الدقيقة أقل من حجم المسام الذي ينمو فيه ، وبشكل عام تكـــون المسام ذات الأقطار أقل من (10μm) ملائمة لنمو البكتيريا ، وينحصر نمو الفطريات

[5] طبق هذا الأسلوب على العينات الحجرية المأخوذة من الأبنية القديمة في الساحل السوري التي تناولها هذه الدراسة .

والطحالب في المسام الأكبر . يتعلق نمو الطحالب على سطح الحجر بمسامية الحجر و بمقدرة هــذه المســام علـــى تأمين الرطوبة للطحالب . ويمكن أن تنمو الطحالب تحت طبقة السطح الخارجية وعلى الأعماق التي يكون فيها النمو ممكناً والمتعلق بشكل أساسي بإمكانية وصول الضوء ،وفي هذه الحالة يؤثر حجم المسام وتوزعها على الكائنات الدقيقة التي يمكن أن تشغل هذه المنطقة شبه السطحية .

3-6- تأثير عوامل التخريب الجوية على الحجر مع الزمن :

يمــثل الشــكل(3-1) مقطعاً في حجر رملي معرض للعوامل الجوية . يمكن تمييز خمس طبقات مرتبة من السطح نحو الداخل كما يلي :

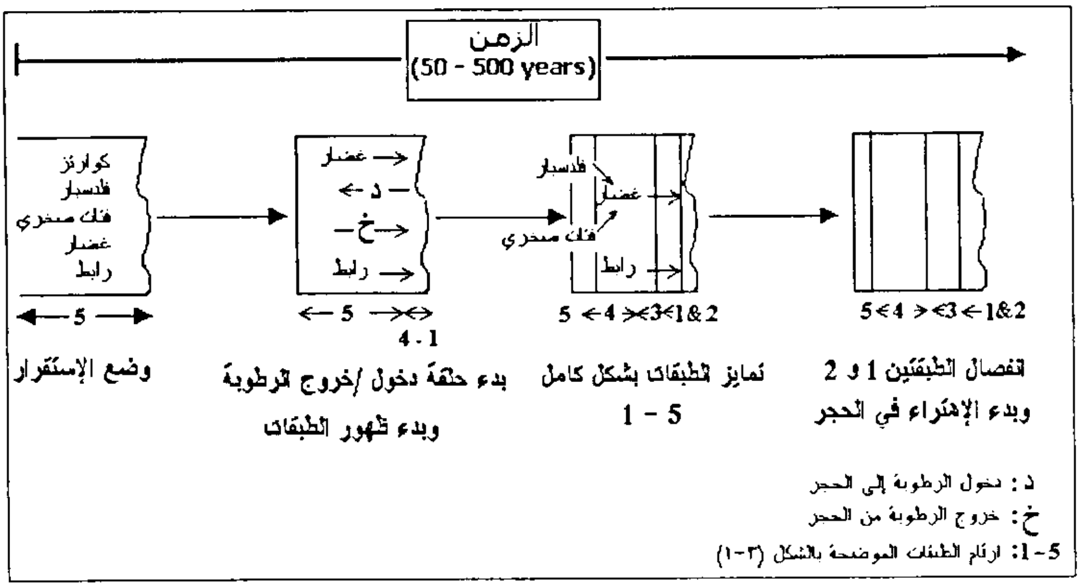


الشكل(3-1): مقطع في حجر رملي معرض للعوامل الجوية .

- الطــبقة (1) تمــثل ســطح الحجــر ، ويلاحظ عليها النمو البيولوجي مثل الأشنيات والطحالب وتحوي مكونات ناتجة عن التلوث الجوي .
- الطــبقة (2) : وهـــي الطبقة تحت السطحية ونلاحظ فيها النمو البيولوجي و مكونات ناتجة عن التلوث الجوي والفلزات الرابطة .
- الطبقة (3) : وتحتوي على فلزات رابطة تتناقص من الخارج إلى الداخل.

- الطـــبقة (4) : وهي المنطقة التي يتم فيها أستخلاص الفلزات الرابطة لتزويد الطبقتين (2) و(3) .
- الطبقة (5) : وتعبر عن مادة الحجر الأصلي (لب الحجر) .

كمـــا يوضح الشكل (3-2) مراحل تخرب الحجر الرملي مع الزمن (50-500)years بتأثير عوامل التخريب الجوية وتطور الطبقات الخمس والتفاعل فيما بينها.



الشكل(3-2) : رسم تخطيطي يمثل سلسلة (دخول /خروج) الرطوبة ، وتطور الإهتراء في الحجر الرملي مع الزمن[6]

يؤكد المختصون على وجوب أخذ الأمور التالية بالإعتبار عندما يراد تفسير أسباب تلف حجر البناء وهي :

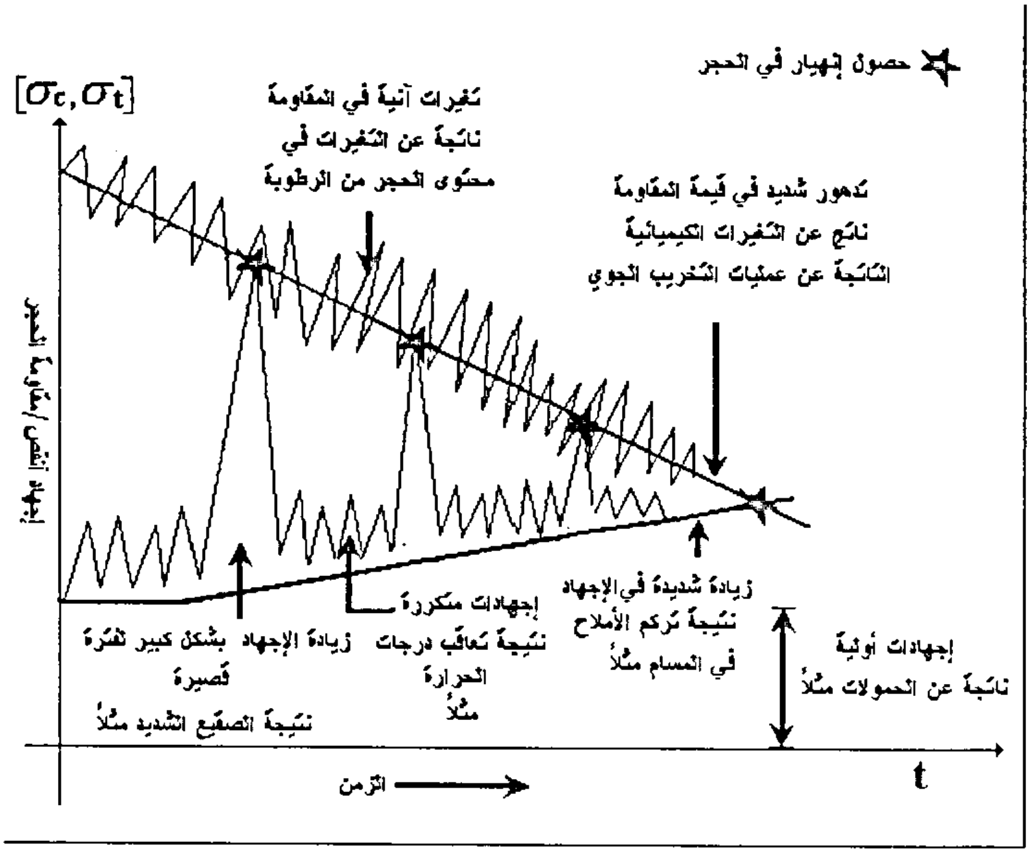
1. مظاهر التلف متعددة الأسباب .
2. يمكن تصنيف جميع مظاهر التلف تقريباً إلى صنفين أساسيين :
   - وتيرة عالية / مقادير صغيرة . (مثل إهتراء وجه الحجر)

[6] الفلدســـبار (Feldspar) : يطلق على أي مجموعة تحتوي سيليكات الألمنيوم اسم الفلدسبار، ويشكل الفلدسبار أكثر من 50 % مـــن تركيب القشرة الأرضية . الصيغة الكيميائية العامة AT_4O_8 حيث A : بوتاسيوم أو صوديوم أو كالسيوم. T : سيليكون (Si) والمنـــيوم (Al) بحيث تتراوح نسبة Si:Al في المجـال (1:1 - 3:1) . يعتبر الأورتوكلاز مثلاً فلدسبار بوتاسـي وله الصيغة: ($KAlSi_3O_8$) .

▪ وتيرة منخفضة / مقادير كبيرة . (انسلاخ وجه الحجر على شكل قشور كبيرة).

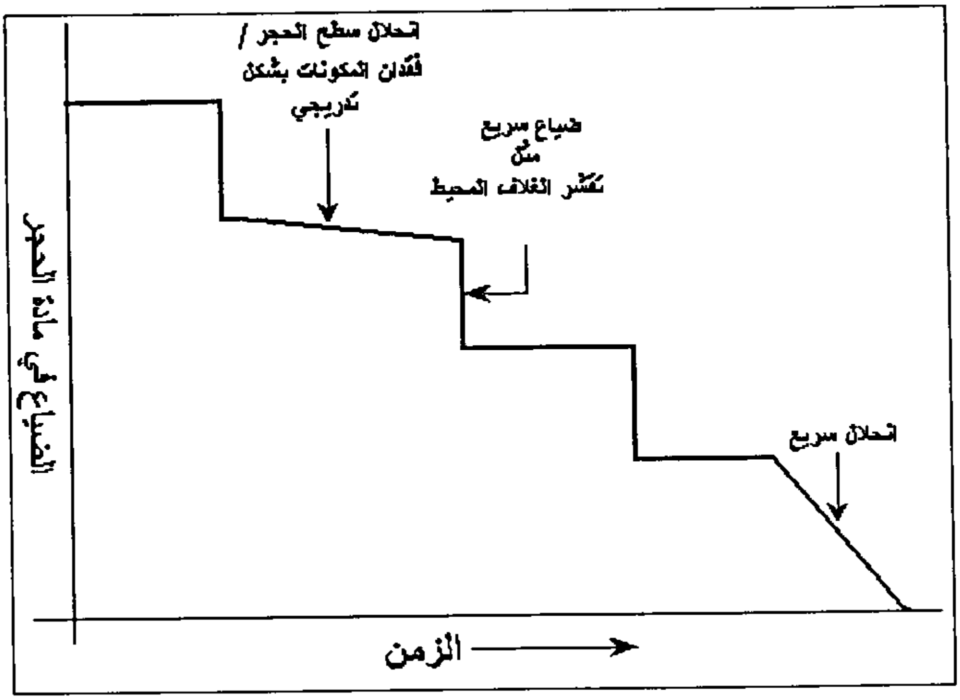
3. إن عملية الإهتراء بتأثير العوامل الجوية ليست عملية مستمرة ولكنها عرضية (تحدث من حين لآخر) ، تتسم بفترات سكون نسبياً يتخللها سلسلة من التغيرات السريعة.يمكن أن تعكس من أحد الجوانب عدم الانتظام في حدوث ظاهرة بيئية معينة (نزول المطر مثلاً) ومن جانب آخر يمكن أن تعكس التغيرات العرضية حصول تقاطع بين مقاومة الحجر والإجهاد المتولد فيه في منطقة معينة .

4. يعتمد حدوث التخريب الفيزيائي بتأثير العوامل الجوية جزئياً على التوازن القائم بين مقاومـــة الحجـــر ومقـــدار الإجهـــادات الفعلية .فإذا زاد الإجهاد عن المقاومة يحدث التخريب .وعتبة التوازن بين المقاومة والإجهاد يمكن أن تخرق بطرق متعددة. خلال فترة طويلة من الزمن يمكن أن يحدث تناقص في المقاومة نتيجة التفاعلات الكيميائية أو نتـــيجة التأثـــير التراكمي لتكرار حدوث إجهادات ذات قيم صغيرة (الإنهيار على التعـــب Fatigue) ،ومـــع الـــتكرار قد تزداد الإجهادات التي يخضع لها الحجر حتى تـــتجاوز قيمة مقاومته .تترافق هذه الإجهادات مع إجهادات ثابتة نسبياً (كالإجهادات الناتجة عن الحمولات الشاقولية) وإجهادات تراكمية(نتيجة ترسب الأملاح ضمن مسام الحجر Salt Deposition) وإجهادات دورية ومتناوبة (alternation)متعلقة بالتقلبات الجوية (التغـــيرات اليومية والفصلية في الرطوبة ودرجة الحرارة وحدوث المؤثرات بشكل شديد وعرضي مثل حدوث صقيع شديد Frost) . يوضح الشكل (3-3) الأسباب التي يمكن أن تسبب تلف الحجر . ما يمكن استنتاجه من هذا التداخل المعقد بين المسببات هـــو أن إهـــتراء الحجـــر غالباً ما يحدث بشكل تدريجي . يمثل الشكل(3-4) رسماً توضـــيحياً للضـــياعات الحاصـــلة في مادة الحجر بتأثير عوامل التخريب الجوية مع الزمـــن .إن قـــياس مقادير الضياع(الفقد)في السطح خلال فترات الخمول النسبي قد يـــؤدي إلـــى الحصـــول علـــى معدلات إهتراء أقل مما هو في الواقع ، في حين أن الـــتحريات والمراقبات التي تجرى في فترات النشاط قد تؤدي بنا إلى الحصول على تخميـــن خاطـــئ فـــيما يـــتعلق بديمومـــة الحجـــر مع الزمن (أقل من الواقع) .



الشكل(3-3) : رسم بياني يوضح العلاقة بين مقاومة الحجر والإجهاد المطبق خلال مراحل تأثير العوامل الجوية وكيفية حدوث الانهيار نتيجة العوامل المختلفة.

5. يتركز التخريب بتأثير العوامل الجوية خلال فترة زمنية معينة في حيز مكاني معين ،وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على حساسية الحجر تجاه العوامل الجوية ،بعضها داخلي يتعلق أحياناً بالتغيرات الطفيفة جداً في خصائص الحجر وبعضها الآخر قد يكون مرتبطاً بعوامل خارجية مثل التغيرات الحاصلة في الطقس(مناخ محلي) .وبالتالي فمن غير الواقعي اعتبارها أن كل مناطق سطح الحجر (أو البناء) خاضعة لعمليات التخريب الجوي نفسها أو أن السطوح الكبيرة المعرضة لعمليات التخريب الجوي سوف تتأثر بالطريقة نفسها.



الشكل(3-4) : رسم تخطيطي يوضح الضياعات الحاصلة في مادة الحجر بتأثير عوامل التخريب الجوية مع الزمن .

3 – 7 – منهجية للتقييم البصري لتلف الحجر :

تنوعت الأساليب المتبعة المتعلقة بتقييم الإهتراء الحاصل في الحجر من قبل المختصين والدارسين تبعاً لهدف الدراسة والموضوع الذي تبحثه (الضياعات،التصبغات،القشرة السوداء، ...) ،أكثر هذه الطرق شمولية تلك التي تعتمد على تصنيف مظاهر التلف تبعاً لمسبباتها بحيث يتم الحصول على خمس مجموعات وهي:

الأولى لمظاهر التلف الميكانيكية : وتضم سبعة أقسام .

الثانية لمظاهر الإنحلال والضياعات: وتضم خمسة أقسام .

الثالثة لمظاهر التبدلات (التغيرات) والترسبات : وتضم تسعة أقسام .

الرابعة لمظاهر التلف البيولوجي : وتضم أربعة أقسام .

الخامسة لمظاهر الإتلاف البشري : وتضم قسمين .

ويوضح الجدول (3-1) كيفية إجراء التحري البصري وفق هذا الأسلوب. يمكن بالاعتماد على المعطيات المتشكلة تفسير عملية إهتراء الحجر وتحديد العامل الأساسي والعوامل المساعدة لهذا الاهتراء .

الجدول(3-1) :

مظاهر الإهتراء	الرمز	نوع الحجر	الشدة شديد- متوسط - خفيف	الإنتشار غزير- شائع - نادر	المظاهر المعمارية (حسب الرمز)	محمي / مكشوف	تقييم مظاهر اللاإهتراء
ميكانيكي (فيزيائي)							
بثور	BL						
تقشر (<5مم)	FL						
تقشر (> 5مم)	Sc						
تفكك حبيبي	GD						
تشكيلات هندسية (خلايا نحل)	Hb						
تجاويف	Cv						
حجارة متشققة	CS						
انحلال/ ضياعات							
ضياعات في سطح الحجر	SL						
تبقيع	St						
تحفير	Pt						
أخاديد	SF						
إعادة تبلور الأملاح	X						
التغيرات/ الترسبات							
التزهير	Ef						
تزهير غير ظاهر	Cf						
فتات صخري	RM						
تغيرات تحت القشرة	AR						
قشرة متصلبة	CH						
تبقيع بأكاسيد الحديد	IS						
قشرة سوداء	BC						
قشرة رمادية	GC						
تغلف بقشرة سوداء	BE						
حيوي							
اشنيات	Ln						
طحالب (علىسطح الحجر)	EpA						
طحالب (ضمن الحجر)	EnA						
نمو نباتي	Vn						
الأضرار البشرية							
الإصلاح	Rr						
الإزالة والتبديل	Rc						

نموذج للتحري البصري لمظاهر الإهتراء

ويمكن أيضاً إجراء التحري البصري باستخدام الجدول المبين في الجدول (3-2) والذي يمكن من خلاله إيجاد العلاقة بين مظاهر التلف ونوع الحجر وارتفاعه عن وجه الأرض .

الجدول (3-2):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة شديد متوسط خفيف (النسبة المئوية لكل حالة)	التكرار وفير شائع نـــادر	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)

التقييم البصري لتلف الحجر وعلاقته بنوع الحجر وإرتفاعه عن وجه الأرض

3 - 8 – النمذجة الرياضية لعملية إهتراء الحجر مع الزمن:

يعتــبر الحصــول علــى مقــدار كمي يعبر عن معدل الإهتراء الحاصل في الحجر والوصــول إلى العلاقات الرياضية التي تحكم تطور هذا الإهتراء مع الزمن أمراً هاماً كونه يعمــق فهــم عملية الإهتراء وسلوك الحجر تحت تأثير عوامل التخريب كذلك يمكن تخمين مستقبل هذا الحجر ودراسة جدوى المعالجات المطبقة ومدى التحسن الذي تدخله على مقاومة الحجر . وبمقدار أهمية هذه المسألة فإن تحقيقها أمر صعب ويحتاج إلى دقة ودراسة إحصائية وميدانية مستفيضة .

فــيما يلــي إحدى هذه المحاولات التي قام بها الباحث R.J.Inkpen [7] بالاستعانة بشواهد القبور للحصول على مقدار كمي يعبر عن معدل الإهتراء مع الزمن .

<u>مبدأ الطريقة :</u>

تعــتمد الطــريقة علــى واقع أن جميع شواهد القبور يحفر عليها تاريخ الوفاة (كلمة DEAD) والــرقم الدال على سنة الوفاة يجب أن يحوي العدد (1) بإعتبار أنه اختار شواهد

[7] من قسم الجيولوجيا في جامعة (Portsmouth) ، انكلترا .

القبور التي يتراوح تاريخها بين 1700 م – 1800 م . فأختار الحرف E والعدد 1 كأساس للمقارنة. وباعتبار أن أسلوب نقش الكتابة هو نفسه فقد تم التحري الدقيق عن البروز الأصلي (العمق) للحرف E والرقم 1 عن مستوى قاعدة النقش والتي تشكل أساس نجاح هذه الطريقة . لذا يجب بذل الحرص الشديد أثناء تحديد هذا المستوى ولقد استفاد الباحث من كون الحجر المستخدم في شواهد القبور هو رخام من نوع معين (نفس المقلع) Carrier marble، وأن الذين يقومون بنحت هذه الشواهد يكتبون الأحرف والأرقام أولاً بالرصاص (تعليم أولي بالرصاص).

تمت دراسة عينات من شواهد القبور في تسعة مواقع مختلفة (ساحلية وريفية ومدنية وغير ساحلية ومناطق تجمعات صناعية) وبذل جهد كبير في اختيار العينات المدروسة بحيث تم اختيار الشواهد التي تخضع للظروف المحيطة نفسها فلقد استبعدت الشواهد القريبة من الأشجار أو المتوضعة باتجاه مخالف للبقية .

سير العمل

تم قياس عمق النقش الحالي (متوسط القيمة) و العمق الأصلي (البدائي) ويكون الفرق هو مقدار الضياع والفترة الزمنية هي الفترة الفاصلة بين تاريخ الشاهدة ووقت القياس . يحسب متوسط الضياع الحاصل لكل موقع على حدى ثم معدل الضياع السنوي . يوضح الجدول المبين بالجدول (3-3) أسماء المواقع المختارة وطبيعتها وتاريخ إجراء التحري فيها وعدد العينات المدروسة في كل منها .

الجدول(3-3) :

الموقع	رمز الموقع	تصنيف الموقع	تاريخ التحري	عدد العينات
Wolverhampton ويلفرهامبتون	Wo	مدني / داخلي	1992	17
Portsmouth بورت سموث	Po	مدني / ساحلي	1997	75
Swansea سوان سي	Sw	صناعي /ساحلي	1992	34
جيويلري كوارتر Jewellery Quarter,Birmingham	JQ	صناعي /مدني وداخلي	1996	17
Clacton كلاكتون	Cl	مدني ساحلي	1996	100
Oxford أوكسفورد	Ox	مدني داخلي	1996	100
مناطق ريفية قرب كلاكتون Rural sites near Clacton	CR	ريفي ساحلي	1996	100
مناطق ريفية قرب أوكسفورد Rural sites near Oxford	IR	ريفي داخلي	1996	100
لودج هيل ، بيرمنغهام Lodge Hill,Bermingham	LH	مدني داخلي	1996	59

المناطق التي تناولتها الدراسة مع تصنيفها وتاريخ التحري وعدد العينات

النتائج :

وجاءت النتائج كما هو موضح في الجدول في الجدول(3-4) :

الجدول(3-4):

الموقع	متوسط الضياع ميكرومتر(µm)	الإنحراف المعياري	متوسط معدل الضياعات µm/year	الانحراف المعياري
ويلفرهامبتون Wolverhampton	510	154	6.820	1.472
بورت سموث Portsmouth	719	140	8.172	1.274
سوان سي Swansea	2105	1237	26.785	10.783
جيويلري كوارتز Jewellery Quarter , Birmingham	1912	793	20.072	6.715
كلاكتون Clacton	444	162	6.360	1.347
أوكسفورد Oxford	634	306	8.206	2.633
مناطق ريفية قرب كلاكتون Rural sites near Clacton	461	171	6.042	1.217
مناطق ريفية قرب أوكسفورد Rural sites near Oxford	251	146	3.175	1.419
لودج هيل ، بيرمنغهام Lodge Hill,Bermingham	648	212	8.341	2.181

جدول بقيم متوسط الضياعات الحاصلة بـ (µm) ومعدل الضياعات مقدرة بـ µm/Year

بمقارنـــة قـيمة معـدل الضياعات لكافة المواقع ضمن حدود تساهل (0.05) نحصل على الجدول التالي :

الجدول(3-5):

الموقع	مدني	ريفي	صناعي
Wo	Cl	CR	None
Po	Ox , LH	None	None
Sw	None	None	None
JQ	None	None	None
Cl	Wo	CR	None
Ox	Po , LH	None	None
CR	Wo , Cl	None	None
IR	None	None	None
LH	Po , Ox	None	None

المواقع التي لها نفس معدلات الضياع مع الزمن

يلاحظ أن أعلى معدلات الضياع هو في منطقة Swansea الساحلية والصناعية تليها مـــنطقة Jewellary Quarter الداخلـــية والصناعية وهذا ينطبق مع الدراسات النظرية التي

تكشـف عـن أن أكثر الأجواء عدائية للحجر هي الأجواء الصناعية المليئة بالغازات الضارة وكذلـك الأجواء البحرية التي يكون فيها محتوى الهواء من الرطوبة والأملاح عالياً جداً .إن التقارب في معدلات الضياعات بين منطقة Oxford الداخلية المدنية ومنطقة Portsmouth المدنـية السـاحلية أمر يطرح تساؤلات .إلا أن تفسير هذا التقارب يتم من خلال تتبع تاريخ منطقة Oxford التي قامت فيها بالماضي تجمعات صناعية ومهنية وهذا المعدل المرتفع نسبياً سببه التلوث الصناعي الحاصل في الفترة الماضية .

إن المتوسط الحسابي يعطي فكرة محدودة عن طبيعة الضياعات في المناطق المختلفة لذلك تم إيجاد العلاقة بين الضياع والزمن لكل موقع على حدى بتمثيل النقاط (ضياع ، زمن) بأبسط أشكال الخطوط البيانية وهو الخط المستقيم وجاءت النتائج كما يلي :

الجدول (3-6) :

الموقع	الثابت	الميل	معامل الإرتباط
ويلفرهامبتون Wolverhampton	133	4.93	55 %
بورت سموث Portsmouth	206	5.78	41 %
سوان سي Swansea	-1250	46.6	77 %
جيويلري كوارتر Jewellery Quarter , Birmingham	48	19.7	38 %
كلاكتون Clacton	-321	11.3	81 %
أوكسفورد Oxford	-553	16.1	70 %
مناطق ريفية قرب كلاكتون Rural sites near Clacton	-209	9.03	82 %
مناطق ريفية قرب أوكسفورد Rural sites near Oxford	-169	5.6	69 %
لودج هيل ، بيرمنغهام Lodge Hill,Bermingham	39	7.81	42 %

جدول يبين علاقة الضياع مع الزمن لكل اموقع

يلاحظ أن جميع المعادلات هي مستقيمات لا تمر من المبدأ ، وذلك يعني أنه تمر فترة زمنية معينة قبل أن تصبح العلاقة بين الضياع والزمن علاقة خطية . ويمكن تفسير هذا الأمر بأنـه عند بداية عملية الضياع يكون الحجر جديداً وله غلاف خارجي مصقول تحتاج عوامل التخريب الجوية إلى فترة زمنية لإزالة هذه الطبقة ،وبعدها تنتظم العلاقة بين الضياع والزمن.

=========================

الفصل الرابع

تنظيف الحجر

4- 1 – مقدمة :

كانت عملية تنظيف الواجهات الحجرية وإزالة طبقات الاتساخ والبقع وفساد اللون تتم مـــن منطلق جمالي بحت وكانت تنجز على نطاق ضيق .إلا أنه في النصف الثاني من القرن العشرين شهد هذا المجال تطوراً وانتشاراً في المجتمعات الغربية وغدت تنجز من قبل جهات متخصصة ، تتعهد أعمال تنظيف الواجهات ، فتنظيف الواجهات الحجرية أصبح ذا بعد جمالي اجتماعـــي يعكـــس مظهر حضاري جيد للمجتمع ككل ولساكني البناء بشكل خاص،كذلك كان اهتمام المالكين من منطلق أن ذلك يزيد من قيمة البناء.

4-2- أساليب التنظيف المتبعة :

تنوعـــت أســـاليب تنظيف الحجر بشكل كبير وبقيت لفترة طويلة بدون ضوابط وكان ينظر لهذه العملية فقط من زاوية تحقيقها للهدف المباشر المتوقع منها وليس باعتبارها عملية تدخـــل فـــي إطـــار الترميم ومن الواجب أن تنفذ ضمن هذا المفهوم . فلقد اتبع أسلوب كشط الطبقات المترسبة على وجه الحجر ومعها أجزاء من الحجر نفسه ، واستخدام السموم للتخلص مـــن الـــنمو البيولوجـــي واســـتخدام المركبات الكيميائية إلى جانب الماء (المضغوط أو غير المضـــغوط) لإزالـــة البقع والتغيرات اللونية فيما يعرف بالتنظيف الكيماوي . وفيما يلي أهم أساليب التنظيف الكيماوي :

<u>الطريقة الأولى ؛ تنظيف كيماوي :</u>

- المادة : **Neolith 625ss** [8].
- أســـلوب الوقاية : بما ينسجم مع إرشادات الجهة المصنعة ،ومعايير السلامة العامة .
- إجراءات التطبيق :

1. الترطيـــب المسبق للجدار باستخدام مقبض ضخ بحيث لا يزيد ضغط الضـــخ عـــن (200psi، $0.981N/mm^2$)،حتى يجري الماء على كامل أجزاء الجدار.
2. تطبـــيق مادة المعالجة Neolith 625ss وفق المقادير المعيارية ،ثم مراقبة وتسجيل النتائج (ما يحصل)خلال الفترات:

أ- 2 دقيقة .

ب- 5 دقائق .

---

[8]- هذا المركب يتألف بشكل أساسي من حمض فلور الماء HF .

ت- 10 دقائق .

3. غسل الجدار بشكل شامل وباستخدام مقبض ضخ يكون ضغط الضخ 200psi .

4. إذا اتضح أن إنحلال الأوساخ كان ضعيفاً ، تكرر الخطوات 1 إلى 3 وفق ما يلي:

أ- نصف تركيز المادة الفعالة (نسبة للتركيز المعياري).

ب- ربع تركيز المادة الفعالة .

5. مراقبة وتسجيل النتائج وتحديد التركيز الأصغري الفعال وزمن البقاء الأصغري الفعال .(توثيق العملية).

الطريقة الثانية : تنظيف كيماوي مسبوق بعملية غسيل :

- المادة : Neolith HDL .
Neolith 625ss .
- أسـلوب الوقاية : بما ينسجم مع إرشادات الجهة المصنعة ،ومعايير السلامة العامة .
- إجراءات التطبيق :

1. الترطيـب المسبق للجدار باستخدام مقبض ضخ بحيث لا يزيد ضغط الضخ عن (200psi)،حتى يجري الماء على كامل أجزاء الجدار.

2. تطبـيق مـادة الغسـيل Neolith HDL وفق المقادير المعيارية ،وإبقاءه على الجدار لمدة 15 دقيقة .

3. غسل الجدار بشكل شامل وباستخدام مقبض ضخ يكون ضغط الضخ 200psi .

4. تطبيق مادة المعالجة Neolith 625ss وفق المقادير الأصغرية، في التركيز ومدة البقاء .

5. غسـل الجـدار كاملاً وباستخدام مقبض ضخ ذي ضغط (200psi، $0.981 N/mm^2$)،.بعد انقضاء المدة المحددة .

6. مراقبة وتسجيل النتائج (التوثيق) .

توجـد طـرق أخرى تعتمد على نفث الهواء المضغوط على الجدار إلى جانب الماء والمواد الكيماوية .

4 – 3 - التأثيرات البعيدة الأمد لعملية تنظيف الحجر :

تطـورت أساليب تنظيف الحجر في الأبنية القديمة ، نتيجة تعمق الخبرة الميدانية في هذا المجال من قبل المهنيين ونتيجة لتوجيهات الجهات الرسمية .فقد تم بشكل تدريجي الابتعاد عـن الـنماذج القاسـية (المؤذية) من عمليات الغسيل الكيماوي وعمليات كشط الطبقات عن الحجر.

لقـد كانـت النتائج المباشرة Short term effects لعمليات التنظيف مرضية ،إلا أنه بمـرور الزمن لوحظت تأثيرات غير مرغوبة لعمليات التنظيف (وخصوصاً الكيماوية) على الحجر . مما استدعى إجراء أبحاث ودراسات مستفيضة لتقييم التأثيرات البعيدة الأمد لعمليات الغسيل Long term effects ،فقد أصدر (المنتدى الاسكتلندي للتقنيات التاريخية Historic Scotland Technical Forum) منشوراً عام 1988 تضمن النقاط التالية :[11]

1. إن غسيل الحجر الرملي بالماء غير كاف .
2. الغسيل بالمواد الكاشطة تسبب أضراراً غير مقبولة في سطح الحجر ومن المحتمل أن تسرع معدل اهترائه .
3. إن المعالجـات الكيميائـية متقلبة في نتائجها الفورية ونتائجها الطويلة الأمد غامضة ومشكوك بها .
4. لا توجد طريقة غسيل معروفة تزيل نماذج محددة من البقع وفساد اللون .

ويمكـن تلخـيص نـتائج الدراسات التي أجريت في اسكتلندا حول مسألة تنظيف الحجر بالنقاط التالية :

- لقـد وجد بأنه في الواجهات التي خضعت لعملية الغسيل قد حدث تخرب بشكل أسرع مما استدعى عمليات ترميم أكثر مقارنة مع الواجهات غير المغسولة .وكمتوسط فإن مقـدار الـتخرب والترمـيم في الواجهات المغسولة كان تقريبا مرتين أكثر منه في الواجهات غير المغسولة.وكان الاختلاف الأكبر بين النوعين من الواجهات في مقدار الترمـيم والإصـلاح المـنفذ علـى كل منهما،والحالات الأكثر سوءاً في الواجهات المغسـولة .وهـذا الأمر يشير إلى المستوى المرتفع نسبياً للتخلخل الحاصل في هذه الواجهات.

- بالــرغم مــن وجــود درجــة كبيرة من التبعثر في النتائج الإحصائية فإنه من أجل الواجهــات غير المغسولة قد وجد أن متوسط معدل الفساد (التخرب) يساوي تقريباً **0.6%** من مساحة السطح كل عقد (عشر سنوات).ومن أجل نماذج فردية من الحجر الرملــي يــتراوح هــذا المعدل في المجال **%(0.05-0.1)** من السطح .وفي حالات فــردية مــتطرفة يتراوح معدل الفساد في المجال أقل من **0.03%** حتى **2.4%** من السطح لكل عقد وقد تم قياس ذلك في الأبنية غير المغسولة .

- تملــك الواجهــات المنظفة بطرق فيزيائية معدلات تخرب بالمتوسط تبلغ **9.5%**من الســطح لكل عقد بعد عملية التنظيف.وتملك الواجهات المنظفة بطرق كيماوية معدلاً يبلغ 4.7% من السطح لكل عقد.ووجد أن معدلات التخرب لنماذج فردية من الحجر الرملــي تكون بطيئة قبل التنظيف وترتفع بعده صعودًا لتصل سرعتها إلى حوالي عشرة أضعافها تقريباً وقد تتجاوز ذلك.

- تــدل النــتائج علــى أن تخرب الحجر يبلغ أعلى سرعة له في السنوات التي تعقب التنظيف مباشرة .ويلاحظ أن معدلات التخريب تعود إلى المستويات الطبيعية بعد 20 عاماً.

- إن أكــثر التــبريرات والأســباب شيوعاً لاستبدال أو ترميم الحجر كانت لاعتبارات جمالــية وشــكلية.أمــا المسائل الأخرى المتعلقة بقدرة الحجر على القيام بوظيفته أو بالمشــاكل الإنشائية المحتملة كانت تؤخذ بعين الاعتبار عموماً فقط عندما يلاحظ أن دور الحجر في النسيج الحجري ينذر بالخطر.

- يــتوافق المهنــيون على أن إعادة تشكيل (تجديد) الواجهات واستبدال الحجارة التي أصــابها الــتلف بأخرى مناسبة يجب أن تنفذ في بعض الحالات.إلا أن عدد كبير من المختصين يرفض استخدام تنظيف الحجر .[1]

- يعلــق المختصــون أهمية كبيرة على الاختيار الصحيح لمواد الترميم المماثلة للمواد الأصلية وللون الحجر الأصلي.ولم تكن مطابقة الألوان في الماضي تعتبر أمراً هاماً .
- تــدل الشواهد بشكل واضح على أنه يمكن لطرق غسيل الحجر أن تسرع تلف وفساد الحجــر خــلال مــدة معيــنة. يمكن ربط تلف الحجر بالمخلفات الناتجة عن الغسيل

الكـيماوي التـي تسبب تسريع التخرب والفساد في الحجر من خلال هجرة الأملاح وإعادة تبلورها .

- على الرغم أن أعمال التنظيف أدت إلى زيادة القيمة التجارية للمنشآت والتي تعود إلى التحسـن الملحـوظ فـي المظهر الخارجي ،فإن نتائج الدراسات تشير إلى أن عملية الغسـيل تؤدي إلى كلف مالية لاحقة ناتجة عن زيادة سرعة تلف الحجر مما يجعله بحاجة إلى عمليات ترميم إضافية تزيد كلفتها عن الزيادة في القيمة التجارية .

بـدأ الجدل القائم حول عمليات التنظيف يحسم لمصلحة التخلي عنها باعتبار أن مساوئها أكـبر مـن منافعها بعدما اتضحت تأثيراتها السلبية التي تتلخص في تسريع عمليات تخريب الحجـر نتـيجة تشـكل الأملاح بتأثير المواد المتبقية في الحجر بعد عملية التنظيف (تنظيف كيماوي) وكشف الطبقات الطرية من الحجر للعوامل الجوية نتيجة عمليات التنظيف الفيزيائية القاسـية (كشط الطبقات) وبعدما وضعت معايير بيئية وصحية جديدة ذات نظرة متشددة تجاه استخدام السموم (التي تستخدم للقضاء على النمو البيولوجي) . ومن المرجح أن الأمر سيحسم نهائـياً مـع ظهور تقنية تنظيف جديدة أقل ضرراً وأكثر فعالية وأسرع إنتاجية ، تعتمد على اسـتخدام أشـعة اللـيزر. ففي العام 2000 م ، تم استخدام هذه التقنية في الولايات المتحدة الأمريكـية وبولـندة لتنظـيف الواجهات والتماثيل والزخارف في إحدى الكاتدرائيات الكبيرة وكانت النتائج الأولية مرضية للغاية واستغرقت العملية 10 أيام في حين أنها كانت تتطلب مدة ثلاثة أشهر باستخدام تقنيات التنظيف التقليدية الأقل فعالية والأكثر ضرر.

===========

الفصل الخامس

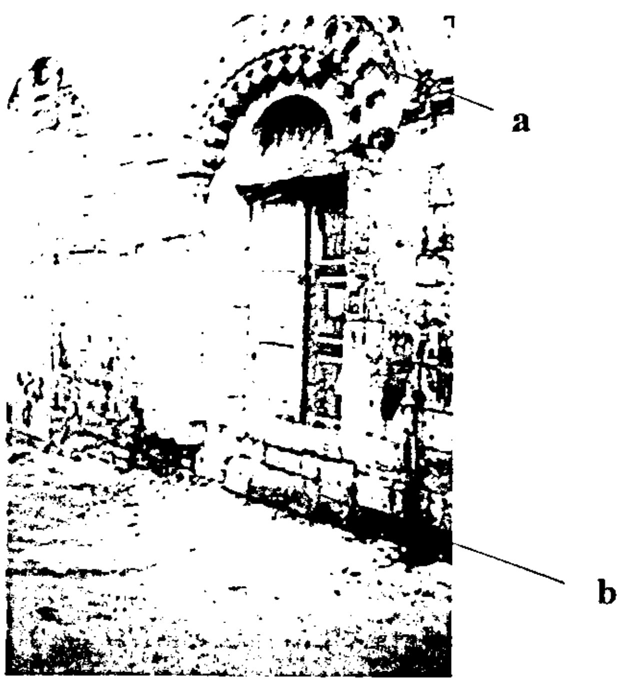
أشكال التدهور الحاصلة في حجر البناء في الأبنية القديمة في الساحل السوري

5 -1 – مقدمة :

يهــدف البحث إلى تقديم دراسة ميدانية معتمدة على الدراسة النظرية والعمل المكتبي لمظاهر التلف الحاصلة في حجر البناء القديم في الساحل السوري، فتم الاستقصاء و التحري عن هذه المظاهر باستخدام مقياس وصفي لمظاهر التلف وعوامله في ظل غياب معيار عالمي لهــذا الموضوع . كما جرى تقييم مظاهر الإهتراء والتلف في بناء متحف اللاذقية بالاعتماد على أسلوب التقييم الوارد في الفصل الثالث.

5-2-أهم مظاهر التلف الحاصلة في حجر البناء القديم :

تم القيام بجولة ميدانية على الأبنية القديمة في منطقة الساحل السوري (اللاذقية وريفها – جــبلة – طــرطوس– ريــف بانــياس) بغية الحصول على تصور لأشكال وعوامل التلف والإهــتراء في الحجر فتم توثيقها بالصور الفوتوغرافية ثم إخضعت للدراسة وفق ما جاء في الفصــول الســابقة فتم اختيار الصور الفوتوغرافية التالية والتي يتضح من خلالها أهم أشكال التلف وعوامله:



الصورة (5-1):واجهة بناء قديم في حي بمدينة اللاذقية (العنابة)

تمــثل الصــورة (5-1) واجهــة غربية على زقاق قريب من شارع مزدحم (منطقة العنابة) يلاحظ وجود طبقة أوساخ سوداء على الزخارف الواقعة في الزاوية اليمينة (a) فوق البوابة

وكذلــك حجر العتبة والحجارة المشكلة للبوابة من الجهة اليمينية ،كما يلاحظ تآكل ملحوظ في صـــف الحجــر الواقع أسفل البوابة والملاصق للأرض (b) ، ويمكن ملاحظة تقشر سطح بعــض الأحجار بشكل خفيف كما يمكن إعتبار بعض الأحجار المشكلة للبوابة والواقعة على اليسار سليمة نسبياً .

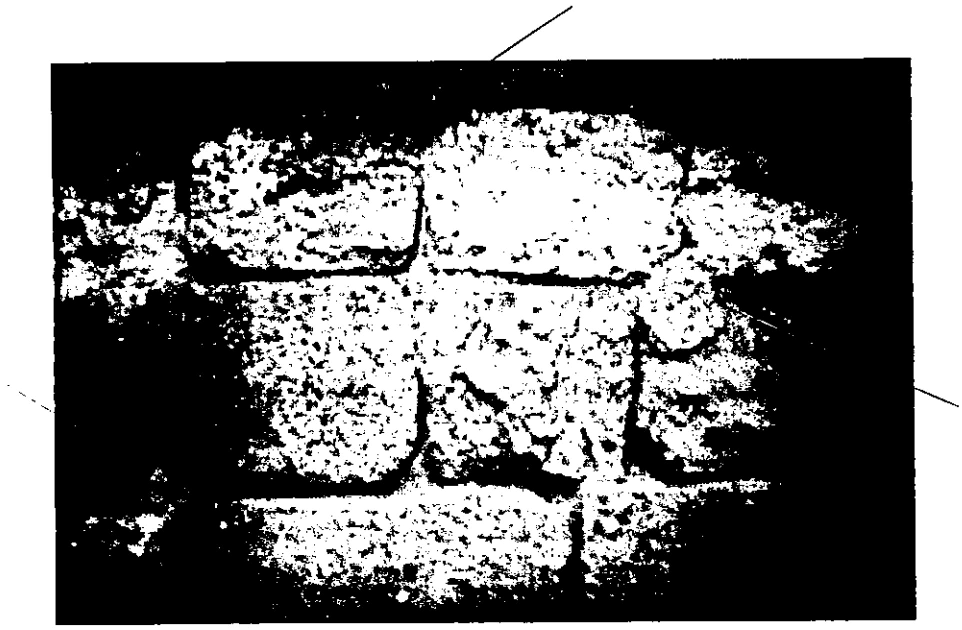
يفســر وجود الطبقة السوداء كنتيجة للتلوث الجوي الناتج عن عوادم السيارات ،ويفسر التآكل الحاصل في الحجارة السفلية على أنه ناتج عن حركة الرطوبة والمياه تحت سطحية (under ground water) وما تحويه من أملاح ومواد مخربة .



الصورة(5-2):جدار

جــدار خارجي من واجهة شرقية لبناء قديم في حي العوينة (مدينة اللاذقية) يستخدم كورشة صـــناعية يلاحظ فيه ظهور إهتراءات بدرجات متفاوتة في الحجارة ،كما أن الحجر فقد لونه الأصـــلي ويلاحظ في الحجارة الوسطية (قرب الأسهم) أن عوامل الإهتراء كشفت لب الحجر ويمكــن تفســير هذا التباين في الإهتراء بين هذاالحجر والحجارة المحيطة به أن هذا الحجر يحــوي على نقاط ضعف موضعية تكوينية في الطبقة السطحية أدت إلى تسريع إزالة الطبقة

الســطحية وتكشــف لب الحجر .كما أن الحفر في الحجارة المجاورة تدل على خمول عوامل التخريب وهذا يعني أن عوامل التخريب تؤثر بشكل متقطع (فصلي ،موسمي).



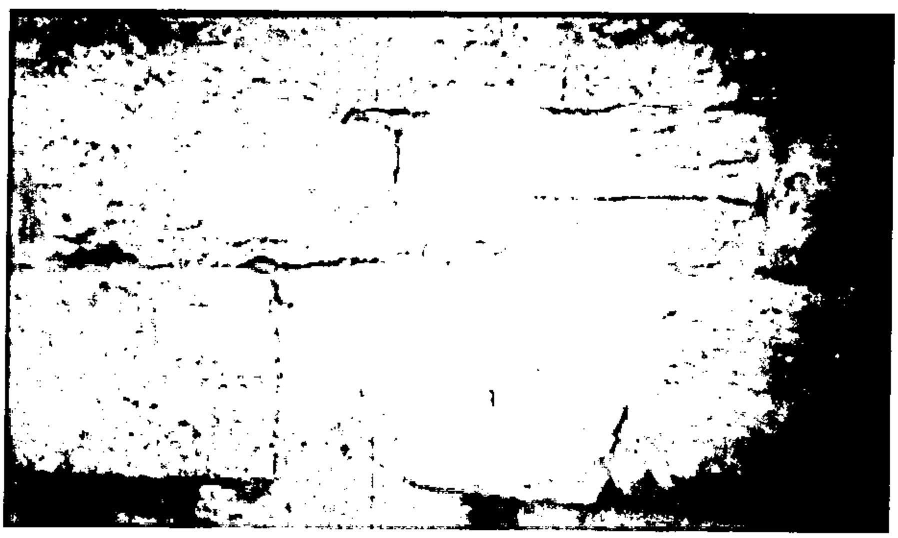
الصورة (5-3) :جدار

تبيــن الصــورة (5- 3) جــدار خارجي من واجهة شرقية لبناء قديم في حي العوينة (مدينة اللاذقــية) يســتخدم كورشـــة صناعية يلاحظ أن الحجر فقد لونه الأصلي كما يلاحظ وجود حجريــن علــى درجـــة متقدمة من الإهتراء والملاحظة الأهم هي بقاء جزءمن كتلة المونة الإســمنتية (الســهم) التـــي كانت موجودة بين الحجرين. ويبدو هذا الجزء غريباً في شكله ومنظره عن الجدار كما أن استخدام المونة الإسمنتية يؤدي إلى تعطيل الاتصال الطبيعي بين الأحجار وأنها بمرور الزمن تتمايز كطبقة منفصلة ثم تسقط عن الحجر وبالتالي يوصى بعدم استخدامها في ترميم الحجر الطبيعي.



الصورة(5- 4): جدار

تبين الصورة(5- 4) جدار خارجي واجهة شمالية في بناء قديم متهدم من حي الأشرفية (مدينة اللاذقية).يلاحظ تفاوت الإهتراء في سطح الحجر الواحد نفسه ، ففي مناطق يلاحظ بقاء أجزاء متفرقة من الطبقة السطحية في حين أن الطبقة الداخلية قد تكشفت على معظم مساحة السطح .



الصورة (5- 5): جدار

تبين الصورة(5-5) جدار خارجي واجهة شمالية في بناء قديم متهدم من حي الأشرفية (مدينة اللاذقية) . يلاحظ الإهتراء الشديد في سطح الحجر وكيف أن عوامل التخريب أدخلت الحجر في تفاعلات وتبدلات كيماوية أفقدت سطح الحجر القوام الحبيبي .



الصورة(5-6) جدار

تبيــن الصــ ، ة (5-6) جدار فـ بناء قديم حي الأشرفية(مدينة اللاذقية) – ـاجهة شرقية
سطح الحجر

وترجع ـ ظاهر إلى ـ ـوث من عوادم السيارات مع الرسوبه .



الصورة (5-7) : قوس النصر – مدينة اللاذقية .

تظهر الصورة(5-7) الواجهة الشمالية والشرقية لقوس النصر الروماني،يقع ضمن منطقة ســكنية ويتوسط حديقة هي عبارة عن جزيرة وسطية بين ثلاثة شوارع يلاحظ ظهور الطبقة السوداء على حجارة القسم العلوي في الجهتين كما يلاحظ كثافة هذه الطبقة على الأقسام الدنيا للواجهة الشمالية ،كما توجد مستعمرات بيولوجية (طحالب) ويلاحظ نمو نباتي واضح أعلى

الواجهة الشرقية . يفسر وجود الطبقة السوداء كنتيجة للتلوث الجوي بمخلفات عوادم السيارات كمـــا يفسر النمو البيولوجي كنتيجة لتوفر شروط الرطوبة والحرارة الملائمة ، كما أن النمو الحيوي ونتيجة لتراكم ذرات الغبار عليه مع الزمن شكل مناخاً ملائماً لنمو النباتات الأرقى .



الصورة(5-8): قوس النصر

تظهر الصورة (5-8) الركن الجنوبي الشرقي لقوس النصر من الداخل ، تستمر الطبقة الســوداء بــالظهور كما يلاحظ اضمحلال النقوش والتزيينات عند تاج العمود نتيجة إهتراء الحجر.



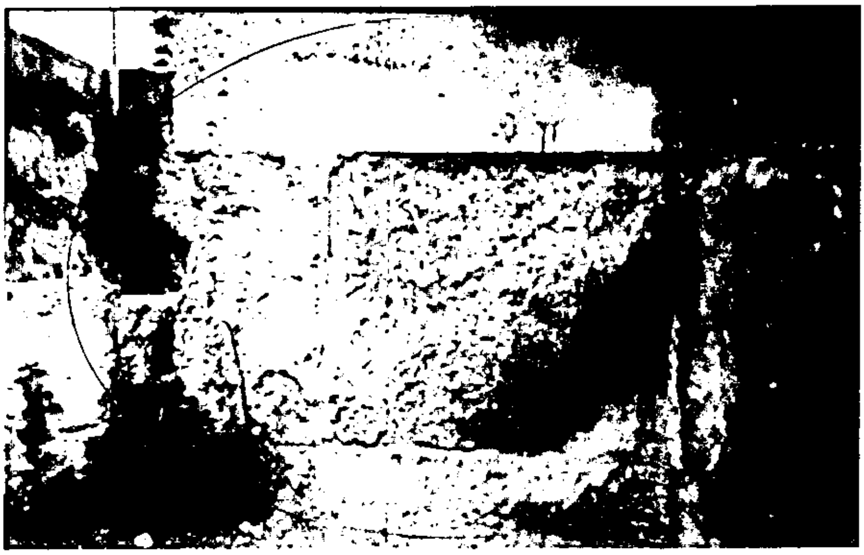
الصورة(5-9):قوس النصر

تظهـــر الصورة (5-9) الركن الشمالي الشرقي من الداخل . تستمر الطبقة السوداء بالظهور بكـــثافة أكبر ويلاحظ اختفاء النقوش والزخارف بتأثير إهتراء الحجر ووجود نمو نباتي ،كما يلاحظ وجود نقاط تكشف الطبقات التحتية للحجارة المشكلة للقوس الشمالية .



الصورة (5-10): قوس النصر

تبين الصورة (5-10) القوس الشمالي من الداخل . يلاحظ كثافة الطبقة السوداء وبدء تكشف الطبقات التحتية من الحجر للعوامل الجوية.



الصورة (5-11): قوس النصر

تبيــن الصورة(5-11) قاعدة العمودالشمالي الغربي .يلاحظ تآكل شديد في سطح الحجر مع ظهور الطبقة التحتية الطرية (fresh) كما يلاحظ ترافق ذلك مع طبقة سوداء .



الصورة(5-12) :مكرر

قوس النصر



الصورة (5-13): جدار

تبيـــن الصورة(5-13) جدار خارجي(مدينة اللاذقية) – واجهة غربية بحرية على شارع مــزدحم يلاحظ ظهور الطبقة السوداء ووجود إهتراء متباين في حدته على كل حجر ويلاحظ هنا ظهور الطبقة الملحية نتيجة هجرة الأملاح مع الرطوبة وترسبها على سطح الحجر.

ملاحظات ونتائج :

1- يمكن ملاحظة كافة أشكال التخريب الجوي ومظاهره على الحجر في الساحل السوري .

2- تنتشـــر الطبقة السوداء بشكل واضح في أغلب الواجهات الحجرية في المدينة ،والتـــي تعـــزى لتأثير التلوث بمخلفات عوادم السيارات من جهة والأملاح الناتجة عن الجو البحري مع توفر الرطوبة العالية .

3- تتفاوت درجة الإهتراء من حجر لآخر ،حيث يمكن ملاحظة حجر شديد التأثر في محيط من الأحجار أقل تأثراً بشكل ملحوظ، ويعود ذلك إلى طبيعة تكوين الحجــر ووجـــود نقاط ضعف موضعية فيه أو إلى إختلاف التوضع (بشكل مـــوازي للتطبق أو عمودي عليه) أو نتيجة تعرضة لمؤثر خارجي طارئ (حـــرارة شـــديدة- كشـــط ناتج عن نشاط بشري – دق مسامير وأسافين في الحجر "خصوصاً الحديدية منها والقابلة للصدأ ") .

4- ينتشر النمو البيولوجي على سطح الحجر نتيجة توفر شروط النمو من حرارة ورطوبة ،كما يلاحظ وجود نمو للنباتات الأرقى .

5- تنتشـــر مظاهر التلف الناتجة عن النشاط البشري والمتمثلة في محاولة ترميم الأبنـــية القديمـــة بطرق خاطئة مثل استخدام مواد غريبة عن الحجر كالمونة الإســـمنتية ودق أسافين ومسامير حديدية قابلة للصدأ في مادة الحجر لغايات مخـــتلفة أو استخدام طرق مؤذية للحجر في التنظيف عند إعادة تأهيل المنشأ لاستخدامات جديدة (كما حصل في متحف اللاذقية ،وقلعة صلاح الدين وقلعة المرقب).

6- إن عوامل التلف ذات طبيعة متقطعة من حيث تأثيرها ،فقد تمر بفترة خمول نسبي ، فتؤثر إما فصلياً أو موسمياً .

7- إن أغلب مظاهر التلف ناتجة عن ترافق أكثر من عامل تخريب ، فقد تشترك الرطوبة الجوية مع غازات التلوث الجوي مع الأملاح البحرية بالإضافة إلى العوامـــل المساعدة الأخرى في تخريب الحجر وقد يصعب إرجاع التخريب إلى سبب واحد .

8- تشكل مظاهر التلف في مسرح جبلة والمتمثلة بالتفكك الحبيبي مرحلة متقدمة وخطـــيرة ،حيـــث يلاحظ أن التلف قد أتى على نصف كتلة الحجر (تتراوح أبعـــاد الحجـــر وســـطياً في مسرح جبلة 0.5x0.5x0.5m) . ويفسر هذا الـــتفكك الحبيبـــي علـــى أنه ناتج عن الجو البحري الغني بالأملاح المخربة والـــرطوبة التـــي تؤدي إلى هجرة الأملاح وإعادة ترسبها في منطقة معينة حســـب ظروف الرطوبة ويساعد في ذلك حجم المسام وشكلها واتصالها فيما بيـــنها ،و تفاعل الغازات المنحلة مع الفلزات وانحلال الأملاح وهجرتها التي تؤدي إلى تفكك الملاط الرابط ، فإن إعادة الترسيب للأملاح في منطقة معينة تؤدي إلى تشكيل إجهاد موضعي يدفع بالحبيبات المخلخلة نحو الخارج لتترك النسيج الحجري كحبيبات حرة تتحرك بفعل الجاذبية .

5 – 3 – تقييم مظاهر التلف في بناء قديم – دراسة ميدانية :

تم البحث عن بناء قديم في منطقة الساحل السوري بغية إنجاز دراسة ميدانية توضح أحد أساليب التقييم الواردة في الفصل الثالث . وتمت المفاضلة بين المواقع التالية :

1. متحف اللاذقية ،المندوبية سابقاً (مدينة اللاذقية).

2. مدينة رأس شمرا ،(شمال مدينة اللاذقية على الشريط الساحلي)
3. المسرح الروماني في جبلة (مدينة جبلة).
4. قلعة صلاح الدين (ريف اللاذقية) بالقرب من بلدة الحفة .
5. قلعة المرقب (بانياس ،على الشريط الساحلي) .

وكانت نتائج الدراسة الأولية لهذه المواقع الخمسة كما يلي :

1- إن مظاهر تلف حجر البناء هي نفسها في كل المواقع تقريباً .
2- تشــكل مظاهــر تلف الحجر في المسرح الروماني في جبلة مرحلة متقدمة مقارنــة مع المواقع الأخرى من جهة ومع الحجوم الأصلية للحجر المستخدم في بنائه من جهة أخرى .
3- تشــكل المواقــع (2 و4 و5) تجمعات كبيرة[1] للغاية وليس فيها بناء متمايز بشــكل واضــح يمكن دراسته ، وجميع هذه المواقع مازالت تخضع لعمليات التنقيب [2] ، ومنها خضع لعمليات ترميم [3] .
4- إن المــادة الأساســية المســتخدمة في البناء في كل هذه المواقع هو الحجر الرملي، بالإضافة إلى الحجر الكلسي والبازلتي
5- فــي جمــيع هــذه المواقع تشكل الأقواس الحجرية (العقود) الجملة الإنشائية الرئيسية الحاملة[4] .
6- يشــكل مــتحف اللاذقية وحدة متكاملة ومستقلة يمكن أن تشكل نموذجاً جيداً للدراسة .

وبــناء علــى نــتائج الدراسة الأولية وأمور أخرى تتعلق بطبيعة الدراسة[5]،تم اختيار ***متحف اللاذقــية***[6] نموذجاً رئيساً لدراسة مظاهر تلف الحجر في منطقة الساحل السوري ،مع الإشارة إلى مظاهر التلف المتقدمة الحاصلة في المسرح الروماني في مدينة جبلة . ١

---

[1] تبلغ مساحة موقع أوغاريت حوالي $36000m^2$.

[2] ما يزال حوالي ثلثي مساحة موقع قلعة صلاح الدين بدون تنقيب وتغطيه الأحراج .

[3] إن خضوع المنشأ للترميم يؤدي إلى تغيير الوضع الراهن وبالتالي ستكون نتائج التقييم الميداني غير حقيقية ،ولا تعبر عن حقيقة الأمر .ويجب أن يكون التقييم سابق لعملية الترميم و توثيق حالة المنشأ قبل الترميم .

[4] ماعدا موقع أوغاريت .

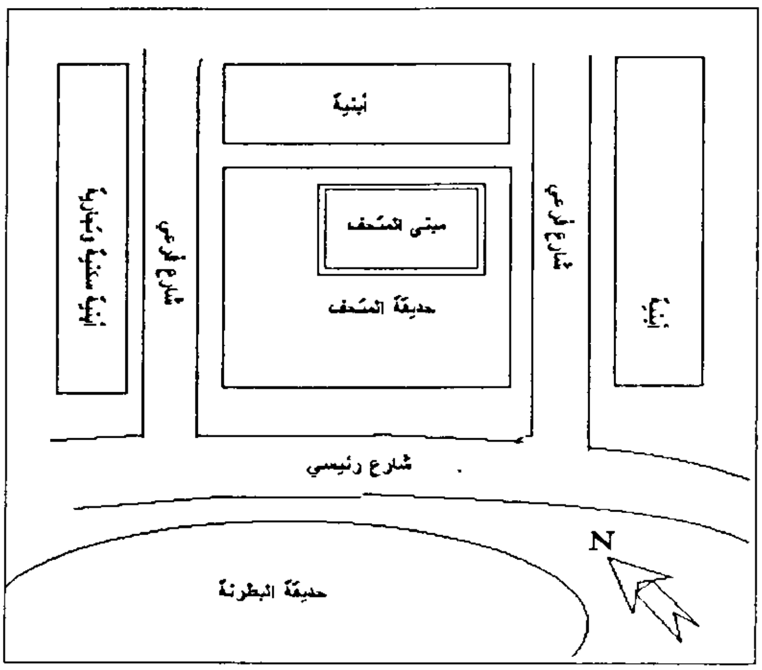
[5] تنجز هذه الدراسة لصالح – اللجنة المركزية لحماية المدينة القديمة في وزارة الإدارة المحلية .

[6] تجدر الإشارة إلى أن هذه الدراسة الميدانية الموثقة في هذا البحث قد أجريت في مطلع عام 2002 وعلى امتداد فصول ذلك العام ، وقد قامت مديرية الآثار في اللاذقية في نهاية آب 2003 بحملة تنظيف للواجهات الحجرية في المتحف باستخدام طرق متلفة أدت إلى تغيير معالم الواجهات.

5-4- متحف اللاذقية :

5-4-1- البناء والموقع العام :

وهو عبارة عن كتلة مستطيلة (58.5 x 43.25 m) ، تقع في الزاوية الجنوبية الشرقية للأرض المحيطة به أنظر الشكل (5-1).



الشكل(5-1): متحف اللاذقية – الموقع العام

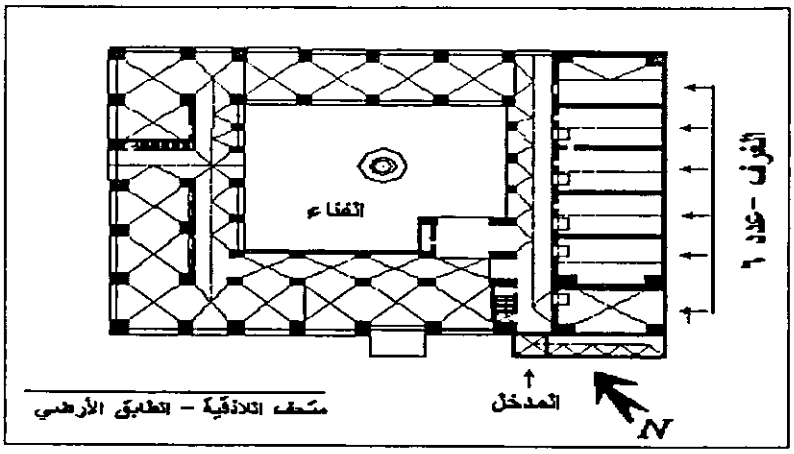
1. مـــن الغرب :شارع الكورنيش الشمالي وهو شارع رئيسي (ذهاب وإياب) يفصل منطقة المتحف عن منطقة المرفأ وحديقة البطرنة .
2. من الشرق :تحده مباني سكنية .
3. من الشمال : شارع فرعي .
4. من الجنوب : شارع فرعي .

5 – 4- 2 – الناحية الإنشائية :

1- الجملــة الإنشــائية الحاملــة في الطابق الأرضي مؤلفة من أقواس حجرية (عقود) .
2- الــبلاطة فــي الطابق الثاني تستند على جوائز خشبية التي تستند بدورها على الجدران .
3- الحجر المستخدم هو الحجر الرملي .
4- المــادة الــرابطة : تم استخدام المونة الإسمنتية محل المادة الــرابطة[7] فــي محاولة لترميم البناء لذلك تم إخفاء معالم المادة الرابطة الأصلية[8].

5- 4- 3 – الناحية المعمارية :

1- يــتألف الطابق الأرضي من ممرات مسقوفة (على شكل عقود) تحيط بفناء مكشوف يتوسط كتلة البناء .
2- يحوي الطابق الأرضي على ست قاعات كبيرة من الجهة الجنوبية .
3- تتركز كتلة الطابق الثاني في الجهة الجنوبية (فوق الغرف الست) ، كما يوجد قسم في الجهة الشمالية والجز الباقي عبارة عن سطح مكشوف .
4- إن حديقة المتحف تحوي على أشجار مختلفة و نباتات زينة (عفص) خاص بالحدائق إلى جانب الورد .



الشكل (5-2) :مسقط الطابق الأرضي

[7] هناك عدة أشكال للمواد الرابطة المستخدمة قديماً ، وتعتمد بشكل كبير على مسحوق الحجر الطبيعي كالمسحوق الكلسي الذي يخلط بمواد دهنية كالزيت والزنك والماء .

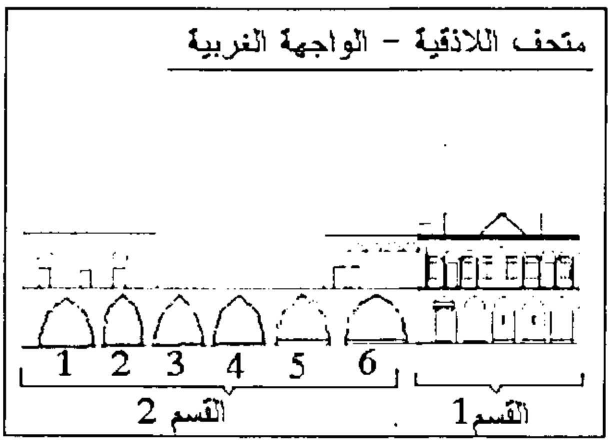
[8] تعتبر المونة الإسمنتية مادة غريبة عن الحجر الطبيعي ، ويوصى بشدة بعدم إستخدامها في عمليات الترميم .

5-4-4- الاستثمار الحالي :

1- تــم تحويــل المنشأ إلى متحف ،حيث خصصت القاعات الست في الطابق الأرضـــي بالإضافة إلى الحديقة المحيطة لهذه الغاية .وحسب لائحة افتــتاح المــتحف المثبتة عند المدخل تم تدشين المتحف عام 1986 حيث أجريت عليه عمليات تغيير وتنظيف للوجهات وإزالة الأوساخ .

2- الطــابق العلــوي تشــغله مكاتب المديرية العامة للآثار والمتاحف – فرع اللاذقية .

3- يتم سنوياً استخدام الطابق السفلي مع الحديقة من أجل إقامة معارض للكتاب والزهور و المعلوماتية .



الشكل (5-3) :الواجهة الغربية



الصورة (5-14):القسم 1 من الواجهة الغربية(الرئيسية)

5-5- تقييم حالة حجر البناء في متحف اللاذقية :

5-5-1- مبدأ الدراسة :

تعــتمد دراســة حالــة الحجر في متحف اللاذقية على استخدام طريقة التقييم Assessment Method الــواردة في الفصل الثالث . حيث سيقسم المنشأ إلى خمسة أقسام (للطابق الأرضي فقط) وهي:

1- الواجهة الغربية (الرئيسية).
2- الواجهة الشمالية .
3- الواجهة الشرقية .
4- الواجهة الجنوبية .
5- القسم الداخلي .(العقود الحجرية في الطابق الأرضي).
6- الجدران المحيطة بالفناء الداخلي .

5-5-2-الواجهة الغربية :

وهي الواجهة الرئيسية في المنشأ ،وتتألف من قسمين أساسيين :

الأول :يقع في الجهة الجنوبية ويتألف من خمسة أقواس (عقود) .

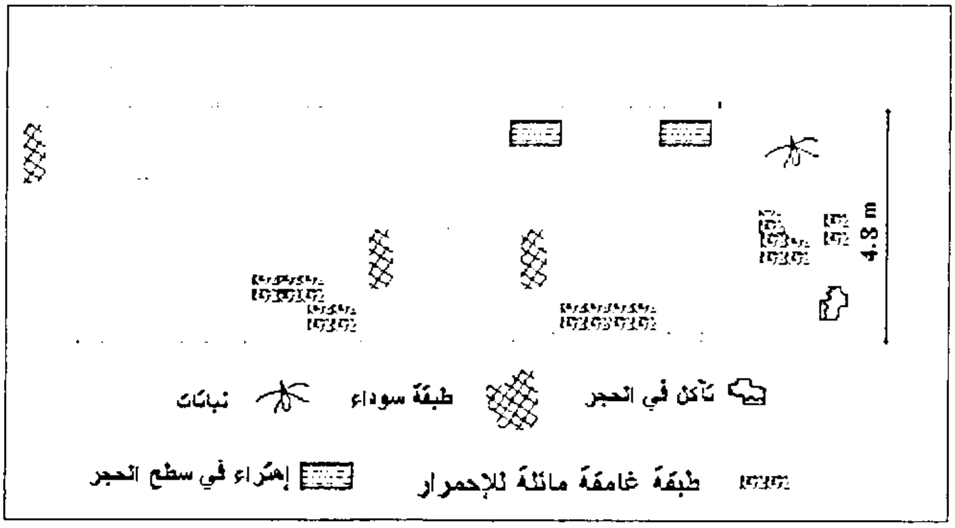
الثانـــي : يقـــع فـــي الجهة الشمالية ويتألف من ستة أقواس أكبر حجماً من الأقواس السابقة وهي مختلفة الأشكال (غير متناظرة) .لاحظ الشكل(5-3) .

القسم الأول :الشكل(5-3): نأخذ الأقواس الخمسة معاً

الجدول (5-1):

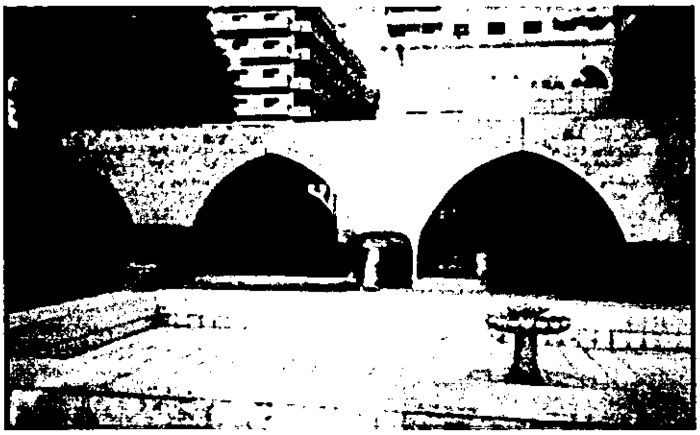
نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	1-3.5 4.5-4.8
رملي	جوي	تآكل	حجر واحد	نادر	0.5
رملي	جوي	طبقة سوداء مائلة للاحمرار	متوسط	شائع	0-3.5
رملي	جوي	إهتراء في سطح الحجر	خفيف	شائع	4.3-4.5
رملي	جوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	4.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	بشري	إضافة أجسام غريبة (مسامير)	-	نادر	على إرتفاعات مختلفة

مظاهر الإهتراء في قسم 1 – واجهة غربية



الشكل(5-4) : الواجهة الغربية – القسم الأول

القسم الثاني : الشكل(5-3) سندرس كل قوسين معاً (من الشمال إلى الجنوب).



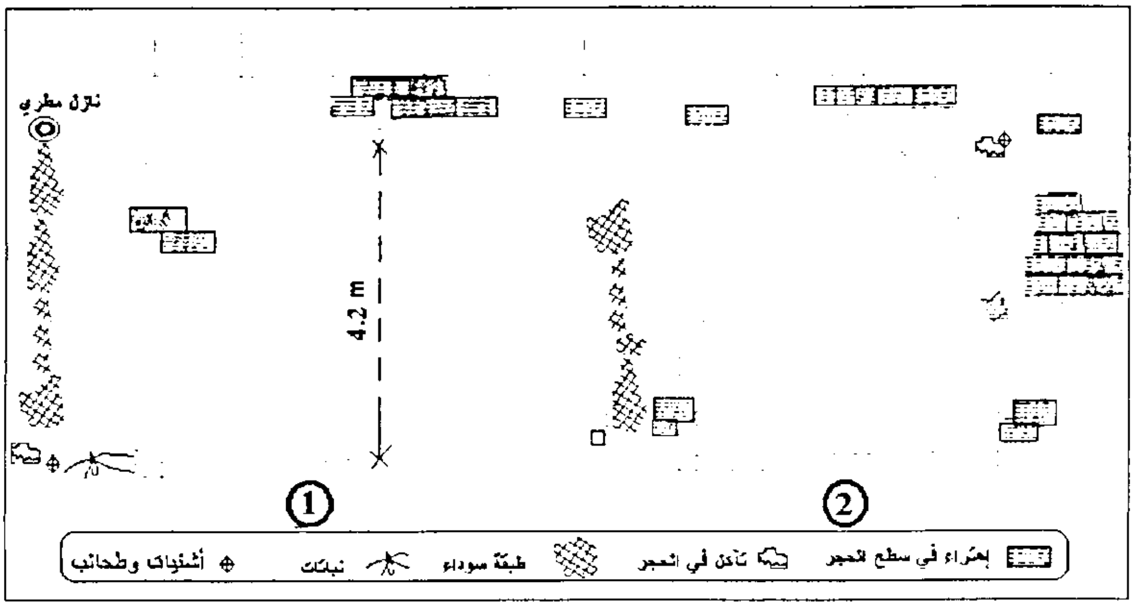
الصورة(5-15):جزء من الواجهة الغربية
ويظهر في الصورة الأقواس 4 و5 و 6 .

الكتلة الأولى؛ القوس (1+2):

الجدول (5-2):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	متوسط	شائع	0-5.4
رملي	جوي	تآكل	حجر واحد	نادر	1.2
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	4.2-5.4
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	نادر	0-4.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	0-0.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	بشري	إضافة أجسام غريبة (مسامير)	-	نادر	على إرتفاعات مختلفة
رملي	حيوي	نمو أشنيات	خفيف	نادر	0.2,4.35

مظاهر الإهتراء في القوسين 1و2 - قسم 2 - واجهة غربية



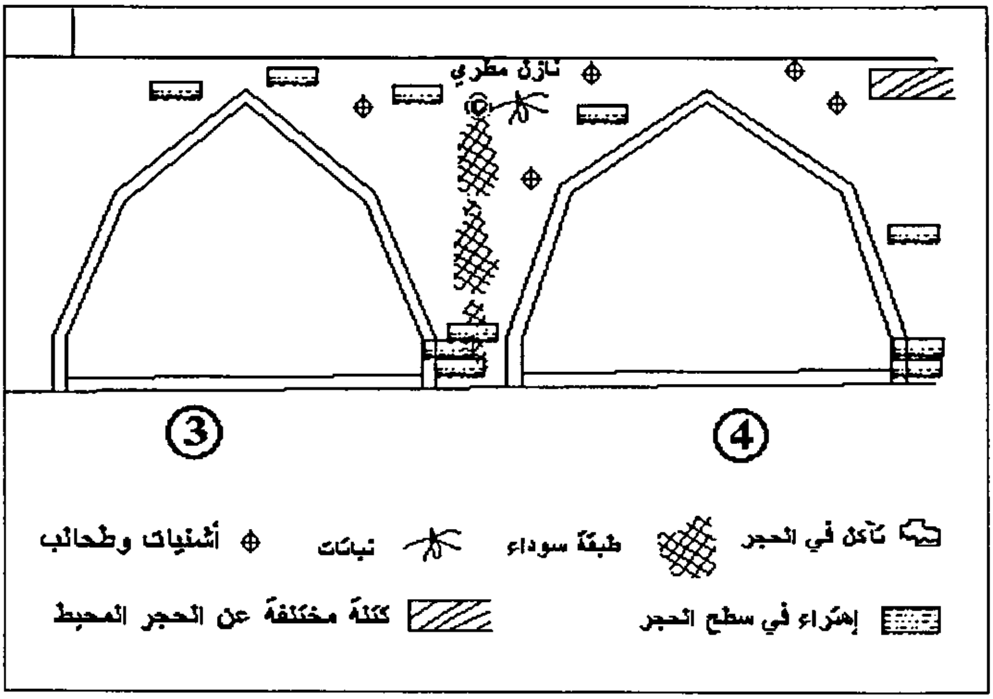
الشكل (5-5) : القوسان 1 و 2 – واجهة غربية

<u>الكتلة الثانية ؛ القوس 3 و 4 :</u>

الجدول (5-3):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	متوسط	شائع	0-5.4
رملي	جوي	تآكل	3 حجر	نادر	1.2
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	0-1.2 4.2-5.4
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	نادر	1.2-4.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	بشري	إضافة أجسام غريبة (مسامير)	–	نادر	على ارتفاعات مختلفة
رملي	حيوي	نمو أشنيات	خفيف	نادر	3.75-5.4
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	4.5

مظاهر الإهتراء في القوسين 3 و 4 – قسم 2 – واجهة غربية



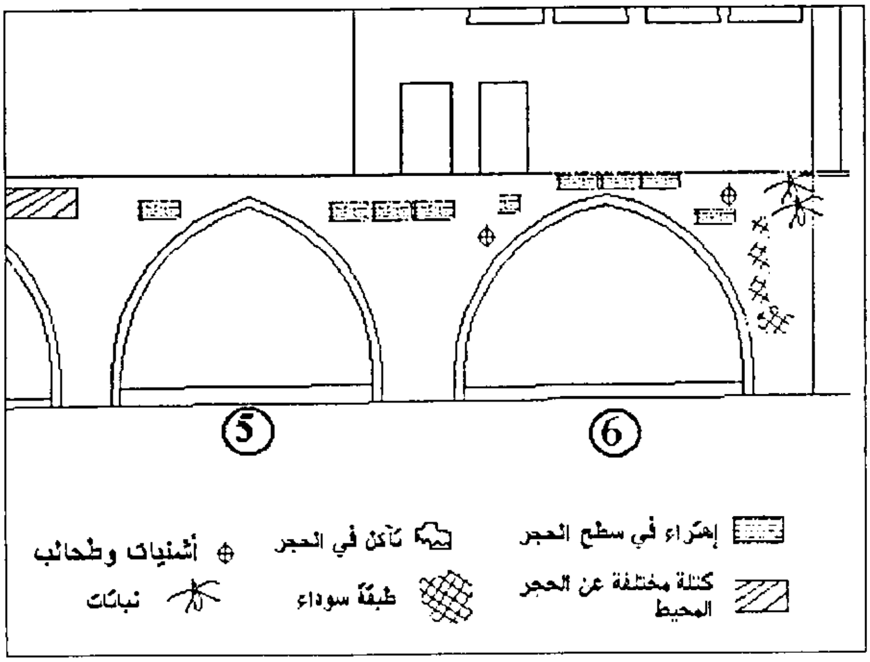
الشكل (5-6) : القوسان 3 و 4 – واجهة غربية

الكتلة الثالثة : القوس 5 و 6 :

الجدول (5-4):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة شديد متوسط خفيف	التكرار وفير شائع نـــادر	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	شائع	3-4.25
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	خفيف	شائع	>4.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	بشري	إضافة أجسام غريبة (مسامير)	-	نادر	على إرتفاعات مختلفة
رملي	حيوي	نمو أشنيات	خفيف	نادر	>4
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	شائع	5-5.4

مظاهر الإهتراء في القوسين 5 و 6 - قسم 2 - واجهة غربية

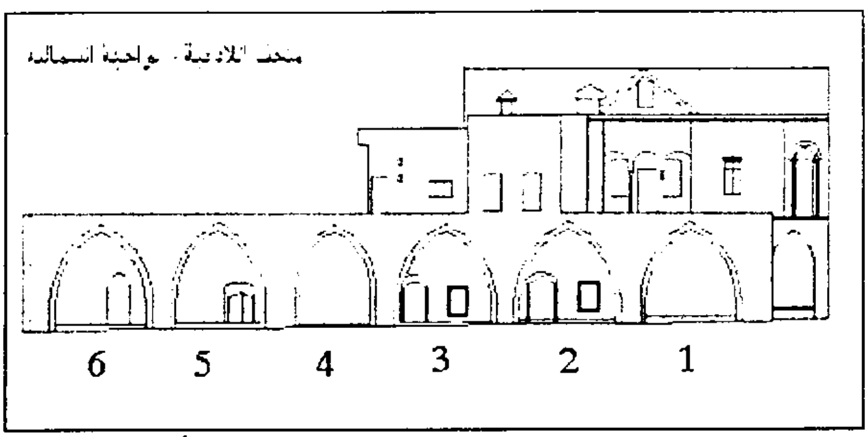


الشكل (5-7) : القوسان 5 و 6 – واجهة غربية

يلاحظ وجود كتلة مؤلفة من عدد من الأحجار في القسم العلوي الواقع بين القوسين 4 و 5 وهي عبارة عن حجارة كلسية وليست رملية ، مصقولة السطح ولم تتأثر بعد بعوامل التخريب وقد تم وضع هذه الحجارة عند إعادة تأهيل المنشأ .

5-5-3- الواجهة الشمالية :

وتتألف من ستة أقواس غير متطابقة الأبعاد تقريباً ،الشكل (5-8) .
سندرس كل قوس على حدى (من الغرب إلى الشرق) .



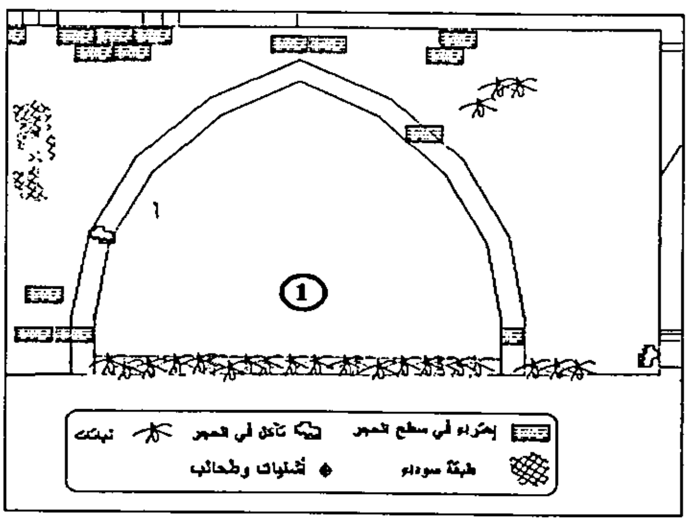
الشكل (5-8) : الواجهة الشمالية

الكتلة الأولى ؛ القوس 1:

الجدول (5-5):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	2.5-4.4
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	شديد	شائع	<0.2
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	نادر	1-1.8
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	3-5.2
رملي	جوي	تآكل	متوسط	حجرين	0.25-2.5
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	بشري	إضافة أجسام غريبة (مسامير)	-	نادر	على إرتفاعات مختلفة
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	3-3.5
رملي	حيوي	نمو نباتات	شديد	وفير	<0.2

مظاهر الإهتراء في القوس 1 – واجهة شمالية



الشكل(5-9):القوس 1 – واجهة شمالية

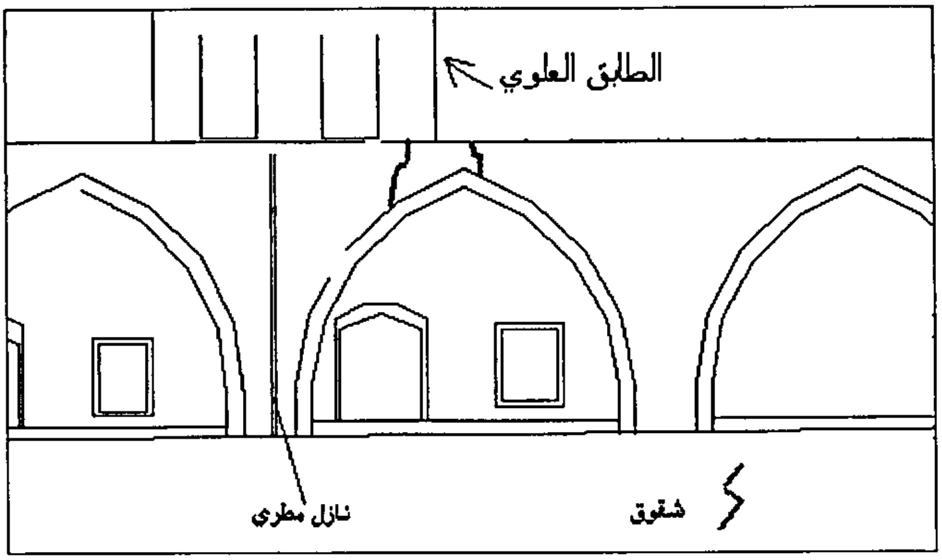
الكتلة الثانية ؛القوس 2 :

الجدول (5-6):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	متوسط	شائع	0-3
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	شديد	شائع	<0.2
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	وفير	0.2-3
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	نادر	3-5.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	شائع	<0.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	5.2

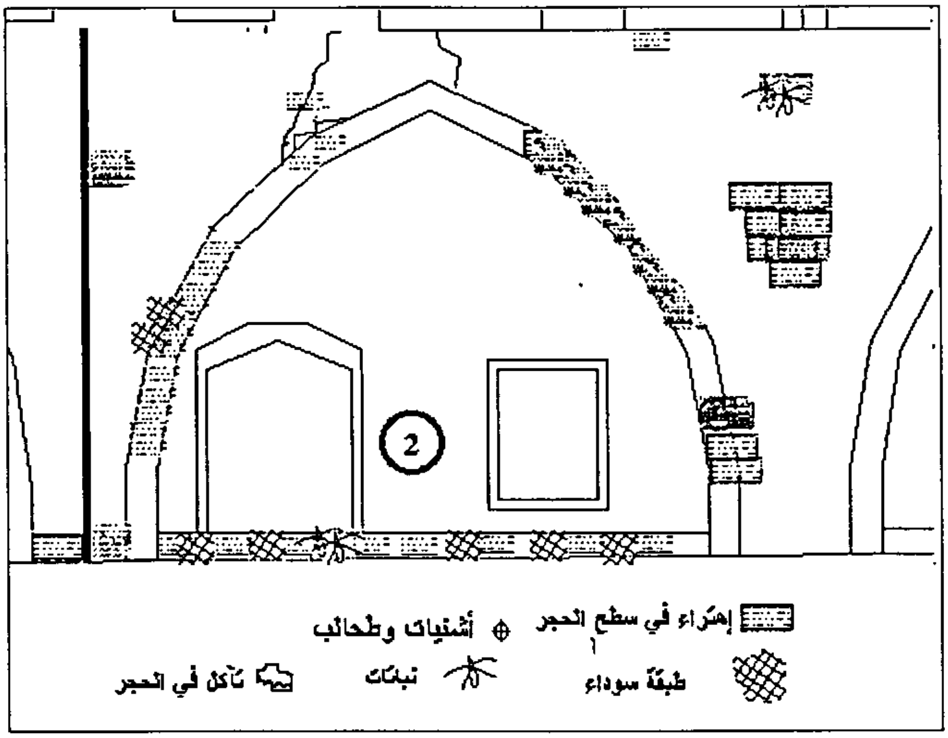
مظاهر الإهتراء في القوس 2 – واجهة شمالية

يلاحظ ظهور شقين(مائلين) ظاهرين للعيان يمتد الأول على طول خط تناظر القوس من الأعلى حتى ذروة القوس والثاني من ناحية اليمين ويمتد من الأعلى باتجاه الأسفل حيث يتقاطع مع القوس على علو 3.2m . كما تتوضع غرفة في الطابق الثاني فوق هذا القوس تمتد أفقياً من خط تناظر القوس تقريباً وباتجاه القوس (3)،كما يوجد أنبوب تصريف يمتد من الأعلى إلى الأسفل على يمين القوس.



الشكل(5-10):القوس 2- واجهة شمالية

وتظهر مواقع الشقين تحت ركن الغرفة في الطابق الثاني



الشكل(5-11) : القوس 2 – واجهة الشمالية

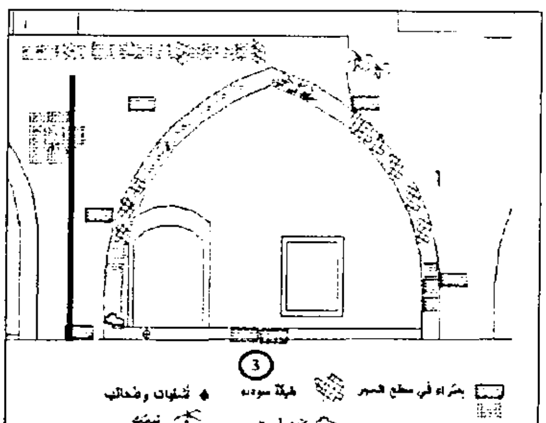
الكتلة الثالثة ؛القوس 3 :

الجدول (5-7):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	1-3
رملي	جوي	قشرة سوداء	متوسط	شائع	5-5.3
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	شديد	نادر	0-1.5
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	وفير	0-5.3
رملي	جوي	تآكل	متوسط	حجر واحد	0.45
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	4.8-5.1
رملي	حيوي	نمو أشنيات	خفيف	حجر واحد	0-0.2

مظاهر الإهتراء في القوس 3 – واجهة شمالية

يلاحـــظ هـــنا أيضاً شق في كتلة الحجر على الجهة اليسرى للقوس من جهة الشقوق الســـابقة ،وهذا الشق شاقولي تقريباً وقليل التعرج ويلاحظ وجود نمو نباتي بالقرب منه وتتابع غرفة الطابق الثاني امتدادها فوق منطقة الشق .



الشكل (5-12):القوس 3- واجهة شمالية

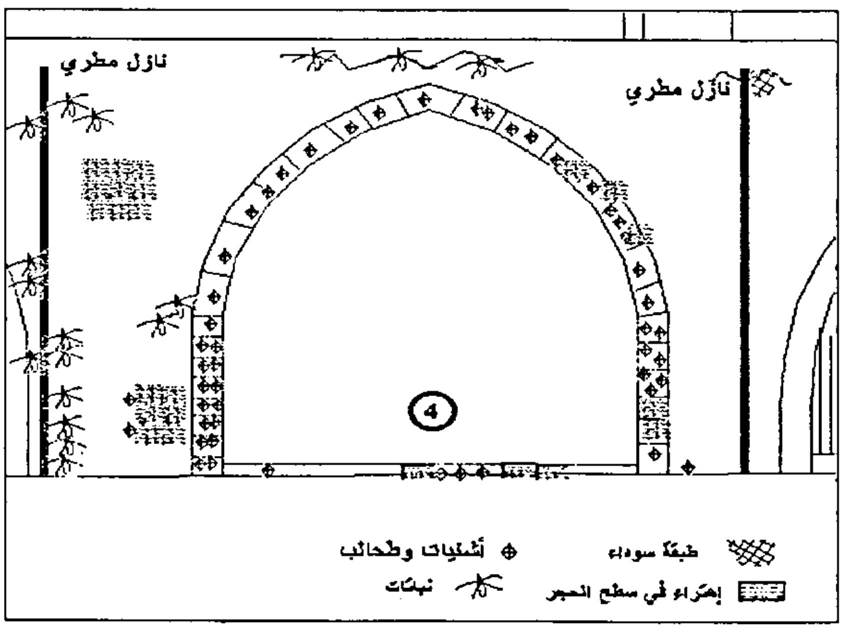
الكتلة الرابعة؛القوس 4 :

الجدول (5-8):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	0-5.3
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	شديد	وفير	0-3.5
رملي	حيوي	نمو أشنيات	شديد	وفير	0-2
رملي	حيوي	نمو أشنيات	متوسط	شائع	2-4.8

مظاهر الإهتراء في القوس 4 – واجهة شمالية

يلاحــظ وجــود مــنطقة تخلخل في النسيج الحجري في المنطقة الواقعة فوق القوس بالقــرب مــن الذروة مترافقة مع نمو نباتي ملحوظ ، تلاحظ وفرة نمو الطحالب على حجارة محــيط القوس نفسه بشكل متزايد من الأعلى إلى الأسفل ،وهناك نمو نباتي وفير وخاصة في منطقة أنبوب التصريف المطري اليساري ،وفي المنطقة المخلخلة في الأعلى .



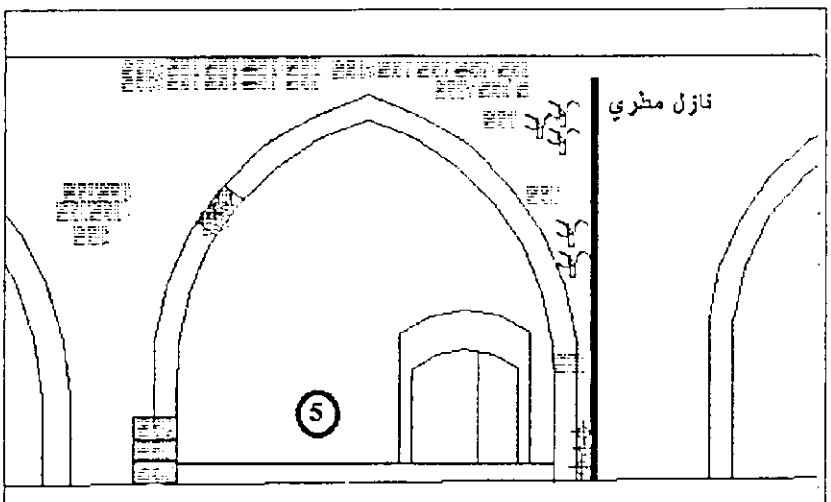
الشكل (5-13) :القوس 4- واجهة شمالية

الكتلة الخامسة؛القوس 5 :

الجدول (5-9):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	خفيف	شائع	0-5.3
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	حجر واحد	3.5
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	متوسط	شائع	0-5
رملي	حيوي	نمو أشنيات	شديد	شائع	0-5
رملي	حيوي	نمو أشنيات	متوسط	شائع	2-4.8

مظاهر الإهتراء في القوس 5 – واجهة شمالية



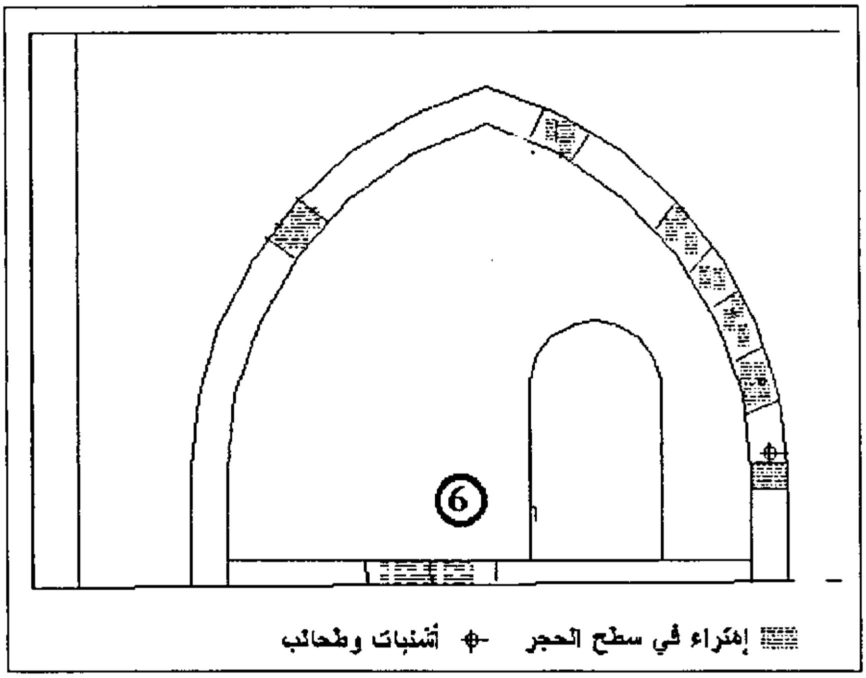
الشكل (5-14) : القوس 5 – واجهة شمالية

الكتلة السادسة ؛القوس 6 :

الجدول (5-10):

ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)	التكرار	الشدة	مظاهر التخريب	العامل المسبب	نوع الحجر
0-4.8	شائع	خفيف	تحفير سطح الحجر	جوي	رملي
كل الواجهة	وفير	شديد	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	بشري	رملي
1.2	نادر(حجر واحد	خفيف	نمو أشنيات	حيوي	رملي

مظاهر الإهتراء في القوس 6 – واجهة شمالية



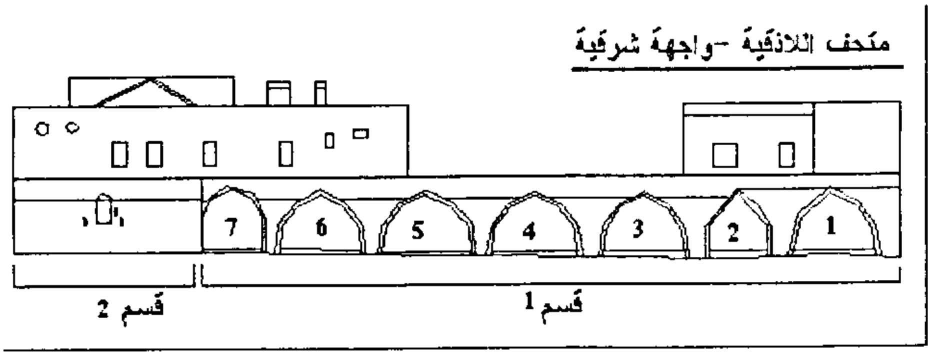
الشكل(5-15) : القوس 6 – واجهة شمالية

5-5-4- الواجهة الشرقية :

تتألف من قسمين : الشكل (5-16) .

القسم الأول :من جهة الشمال ، يتألف من سبعة أقواس .

القسم الثاني : يقع في الجهة الجنوبية، ويتألف من جدار .



الشكل (5-16): الواجهة الشرقية

القسم الأول؛ الأقواس السبعة :

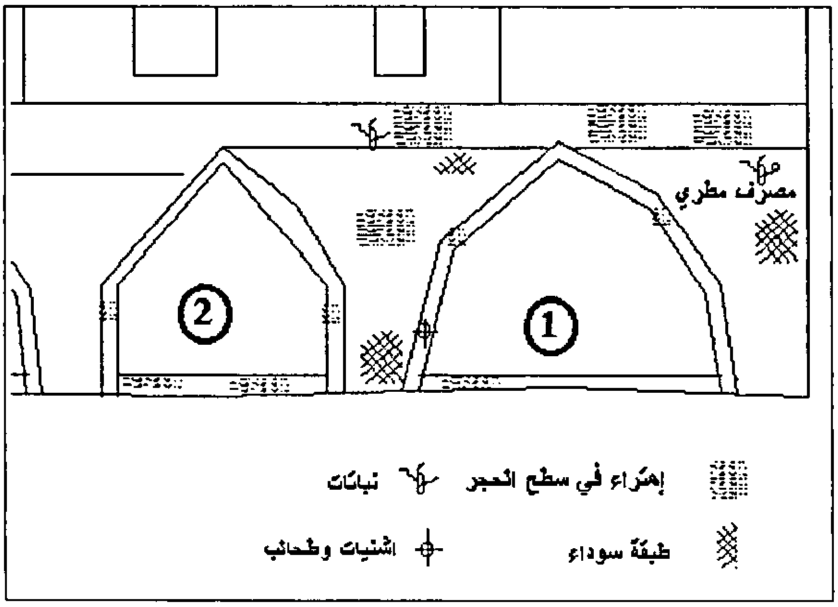
سندرس كل قوسين معاً من الشمال إلى الجنوب.

الكتلة الأولى؛ القوسان 1 و 2 :

الجدول (5-11):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	شائع	0-4.8
رملي	جوي	تخبير سطح الحجر	خفيف	شائع	0-5.4
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو أشنيات	شديد	نادر	0-0.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	>0.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	4-4.6

مظاهر الإهتراء في القوسين 1 ، 2 – واجهة شرقية



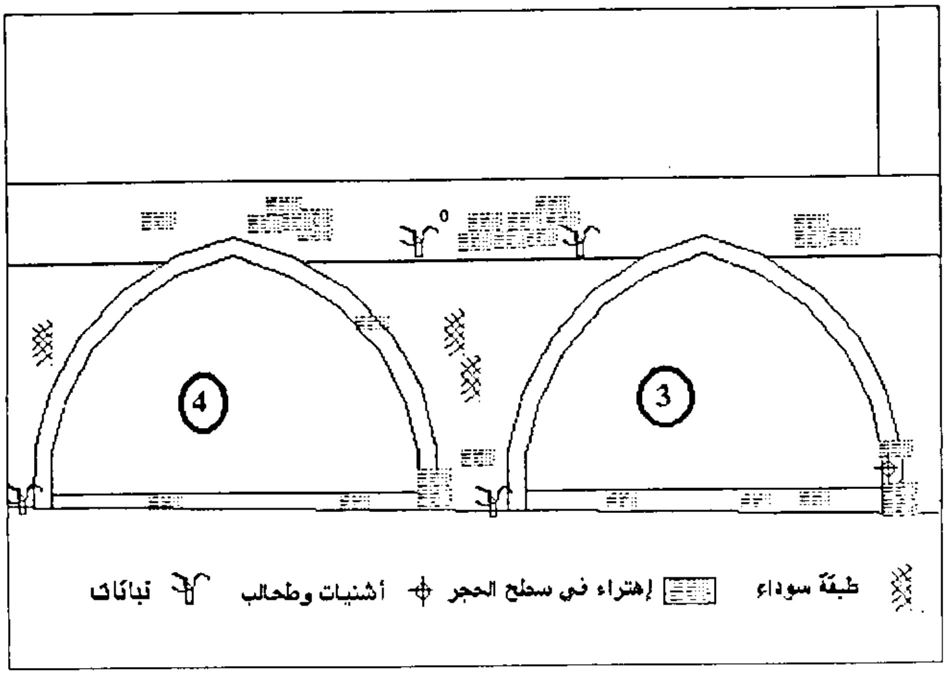
الشكل(5-71): القوسان 1 و2 – واجهة شرقية

<u>الكتلة الثانية ؛القوسان 3 و 4 :</u>

الجدول (5-12):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	إرتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	1.5-4
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	0-1.2
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	3.8-5.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو أشنيات	خفيف	نادر(حجر واحد)	0.75
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	>0.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	4-4.6

مظاهر الإهتراء في القوسين 3 ، 4 – واجهة شرقية



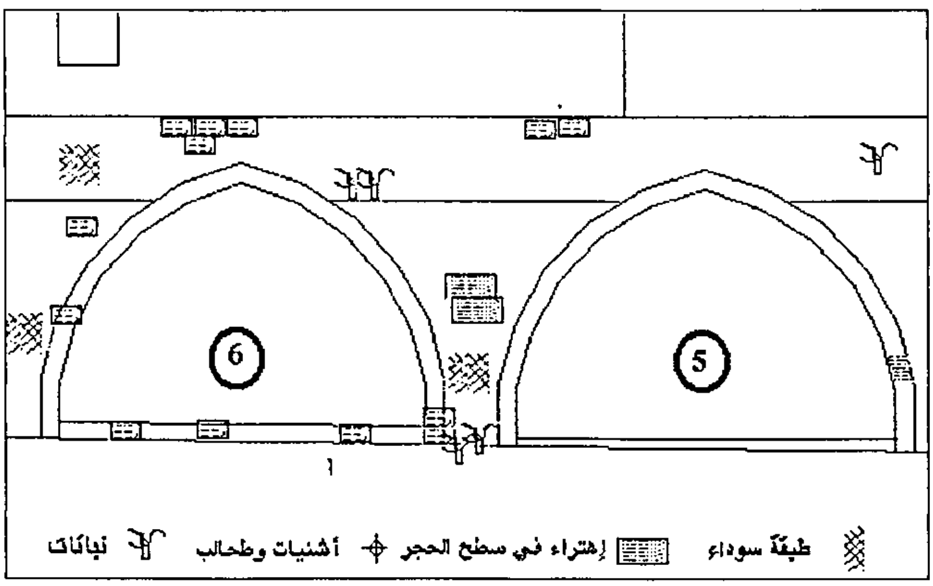
الشكل (5-18) :القوسان 3 و 4 – واجهة شرقية

الكتلة الثالثة : القوسان 5 و 6 :

الجدول (5-13):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	1.5-4
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	0-5.2
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	<0.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	>3.6

مظاهر الإهتراء في القوسين 5، 6 – واجهة شرقية



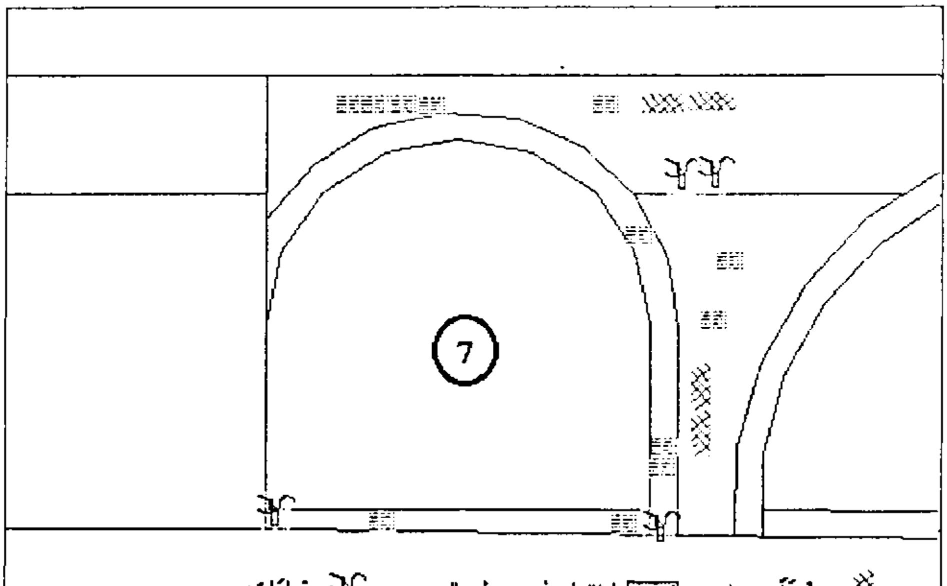
الشكل(5-19) :القوسان 5 و6 – واجهة شرقية

الكتلة الرابعة ؛ القوس 7 :

الجدول (5-14):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	0-4.9
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	نادر	0-4.9
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر	<0.2
رملي	حيوي	نمو نباتات	خفيف	نادر حجر واحد	>3.6

مظاهر الإهتراء في القوس 7 – واجهة شرقية



الشكل (5- 20) : القوس 7 – واجهة شرقية

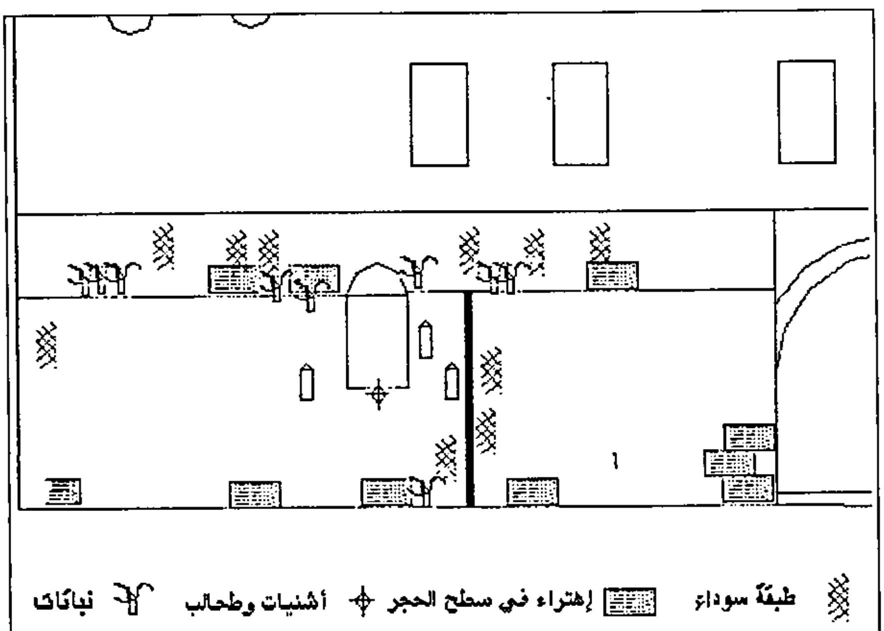
القسم الثاني؛ الجدار المستمر :

الجدول (5-15):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	0.75-4.8
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	0-5
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	متوسط	شائع	0-3.6

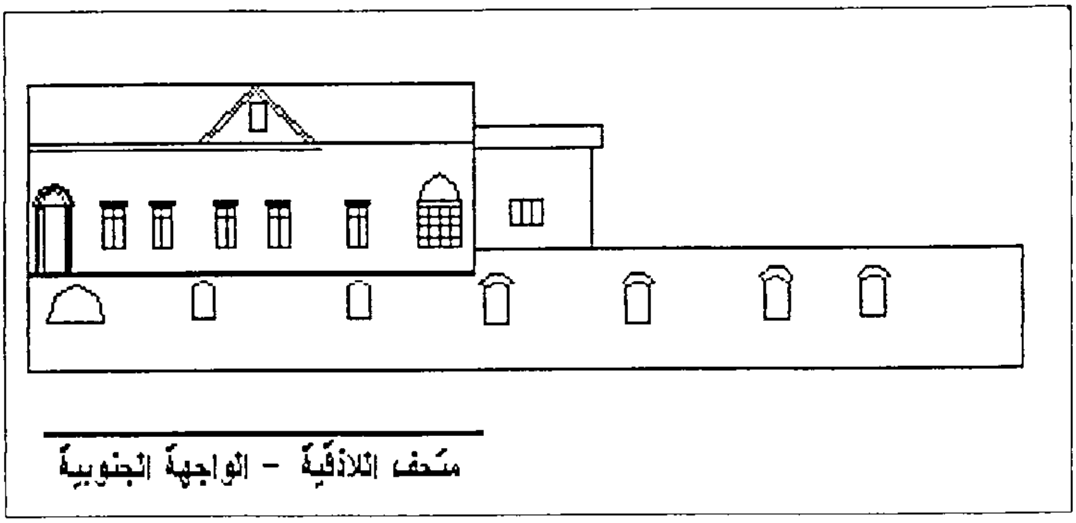
مظاهر الإهتراء في القسم 2- جدار مستمر - واجهة شرقية

٦٠٤٤٠٩



الشكل(5-21) : القسم الثاني -واجهة شرقية

5-5-5- الواجهة الجنوبية :



الشكل(5-22) : الواجهة الجنوبية

الجدول (5-16):

نوع الحجر	العامل المسبب	مظاهر التخريب	الشدة	التكرار	ارتفاع الحجر عن وجه الأرض (m)
رملي	جوي	قشرة سوداء	خفيف	نادر	0-4.9
رملي	جوي	تحفير سطح الحجر	متوسط	شائع	0-4.9
رملي	جوي	تآكل	خفيف	نادر (حجرين)	<0.5
رملي	بشري	تغيير المادة الرابطة (كشط الحجر)	شديد	وفير	كل الواجهة
رملي	حيوي	نمو نباتات	متوسط	شائع	0-3.6

مظاهر الإهتراء في الجدار المستمر – واجهة جنوبية

الفهرس

فهرس الصور

فهرس الجداول

بعض المراجع الإضافية :

1- J.Stanly Rabun , Structral Analysis of Historic Buildings , John Wiley & Sons,Inc.1999 .
2- Kluwer, Conservation of Stone in North American Buildings, Academic Publ.1999.
3- Ad Wes Long , Works To Historic Buildings : A contractor's Manual . Hi Ed.1999.
4-Bulletin Des Labratoires Des Ponts Et Chaussees-255-Mars-Avril 2000-Ref .4299-PP.67-74 .

5- مجموعة محاضرات لنخالة من جامعات ألمانية، ألقيت في كلية الهندسة المعمارية في جامعة تشرين ،بين عامي 1999- 2003 .
6-واكد ، إبراهيم . أسباب انهيار المباني . القاهرة 1996 .
7- د. وهيب زين الدين . تدعيم الأبنية .

المواقع على شبكة المعلومات الدولية :

1- The Robert Gordon University : www.rgu.ac.uk
2-Historic Scotland : www.historic-scotland.gov.uk
3-www.buildingconservation.com

References

المراجع

مراجع البحث :

[1] Torraca ,G.G., Physio-chemical deterioration of porous rigid building materials, notes for general model . Venice 1975 .

[2] Smith, Bernard, and others, Assessment of building stone decay : a geomorphologicl approach, Belfast 1999.

[3] Historic Scotland, The Robert Gordon University, Building Research Establishment , Sandstone consolidates and water repellents,1999 .

[4] Aspects of stone weathering ,decay and conservation ,the Robert Gordon university 15-17 may 1997 ,editors Melanie S. Jones and Rachael D. Wakefield.

[5] Stone cleaning and the nature, soiling and decay mechanism of stone ,proceeding of the international conference held in Edinburgh,uk,14-16 April 1992 .edited by Robin G.M. Webster.

6 Mobil Researsh and Development Corporation, "Carbonate Seminar, Advanced Reading", Dallas ,Texas

7 Mobil Researsh and Development Corporation, "Sandstone Seminar, Modern Sand Bodies", Dallas ,Texas

8 Pettijohn,Potter,Siever . Sand and sand stone , Berlin .Heidelberg . NewYork 1972 .

9 Nedelcon ,Coroziunea Si Combaterea ,1982

10 Andrew, C.A., M.E. Young and K. Tonge , Stonecleaning: a guide for practitioners, The Robert Gordon University, Aberdeen, Historic Scotland 1994

11 Webster, R.G.M., Andrew, C.A., and othors, Stonecleaning in Scotland - Research Summary, Report to Historic Scotland and Scottish Enterprise by Masonry Conservation Research Group . , Gilcomston Litho, Aberdeen 1992

12 - أصلان، طارق.، تآكل البيتون المسلح في البيئة البحرية . محاضرة علمية .

13 - منشورات" المؤتمر العربي لترميم وإعادة تأهيل المنشآت" القاهرة 16- 19 أيلول 1997.

14- العش ،فرج ؛ تكنولوجيا ترميم و صيانة الأبنية .دار المجد، دمشق 1989 .

15 - أصلان،طارق ؛ مواد البناء . منشورات جامعة تشرين ،1987.

EXCAVATIONS

ARTICLE 15. Excavations should be carried out in accordance with scientific standards and the recommendation defining international principles to be applied in the case of archaeological excavation adopted by UNESCO in 1956.

Ruins must be maintained and measures necessary for the permanent conservation and protection of architectural features and of objects discovered must be taken. Furthermore,every means must be taken to facilitate the understanding of the monuments and to reveal it without ever distroying its meaning.

All reconstruction work should however be ruled out "a priori." Only anastylosis, that is to say, the reassembling of existing but dismembered parts can be permitted. The material used for integration should always be recongnizable and its use should be the least that will ensure the conservation of monument and the reinstatement of its form.

PUBLICATION

ARTICLE 16. In all works of preservation, restoration or excavation, there should always be precise documentation in the form of analytical and critical respots, illustrated with drawings and photographs. Every stage of the work of clearing, consolidation, rearrangement and integration, as well as technical and formal features identified during the course of work, should be included. This record should be placed in the archives of public instuation and made available to ressearch workers. It is recommended that the report should be published.

The following persons took part in work of the Committee for drafting the International Charter for the Conservation and restoration of monuments:

Piero Gazzola (Iialy), Chairman
Raymond Lemaire (Belgium), Reporter
Jose Bassegoda-Nonell (Spain)
Luis Benavente (Portugal)
Djurdje Boskovic (Yogoslavia)
Hiroshi Daifuku (UNESCO)
P.L de Vrieze (Netherlands)
Harald Langberg (Demmark)
Mario Matteucci (Italy)
Jean Merlet (France)
Carlos Flores Marini (Mexico)
Roberto pane (Italy)
S.C.J. Pavel (Czechoslovakia)
Paul Philippot (ICCROM)
Victor Pimentel (Peru)
Harold Plenderleith (ICCROM)
Deoclecio Erdig de Campos (Vatican)
Jean Sonnier (France)
Francois Sorlin (France)
Eustathios Stikas (Greece)
Mrs.Gertrud Tripp (Austria)
Jan Zachwatovicz (Poland)
Mustafa S. Zbiss (Tunisia)

must not change the lay-out or decoration of the building. It is within thse limits only that modifications demanded by change of function should be envisaged and may be premitted.

ARTICLE 6. The conservation of monument implies preserving a setting which is not out of scale. Wherever the traditional setting exists, it must be kept. No new construction, demolition or modification which would alter the relations of mass and color must be allowed.

ARTICLE 7. A monument is inseparable from the history to which it bears witness and from the setting in which it occurs. The moving of all or part of a monument cannot be allowed except where the safeguarding of that monument demands it or where it is justified by national or international interest of paramount importance.

ARTICLE 8. Items of sculpture,painting or decoration which form an integral part of monument may only be removed from it if this is the sole means of ensuring their preservation.

RESTORATION

ARTICLE 9. The process of restoration is a highly specialized operation. Its aim is to preserve and reveal the aesthetic and historic value of the monument and is based on respect for original material and authentic documents. It must stop at the point where conjecture beings,and in this case moreover any extra work which is indispensable must be distinct from the architectural composition and must bear a contemporary stamp. The restoration in any case must be preceded and followed by an archaeological and historical study of the monument.

ARTICLE 10. Where traditional techniques prove inadequate, the consolidation of a monument can be achieved by the use of any modern technique for conservation and construction, the efficacy of which has been shown by scientific data and proved by experience.

ARTICLE 11. The valid contributions of all periods to the building of a monument must be respected, since unity of style is not the aim of restoration. When a building includes the superimposed work of different periods, the revealing of the underlying state can only be justified in exceptional circumstances and when what is removed is of little interest and the material which is brought to light is of great historical, archaeological or aesth etic value, and is state of preservation good enough to justify the action. Evaluation of the importance of the elements involved and the decision as to what may be destroyed cannot rest solely on the individual in charge of the work.

ARTICLE 12. Replacements of missing parts must be integrate harmoniously with the whole, but at the same time must be disinguishable from the original so that restoration does not falsify the artistic or historic evidence.

ARTICLE 13. Additions cannot be allwed except in so far as they do not composition and its relation with its surroundings.

HISTORIC SITES

ARTICLE 14. The siutes of monuments must be the object of special care in order to safeguard their integrity and ensure that they are cleared and presented in a seemly manner. The work of conservation and restoration carried out in such places should be inspired by the principles set forth in the foregoing articles.

Appendix 1

الملحق 1 :

Venice Charter

INTERNATIONAL CHARTER FOR THE CONSERVATION AND RESTORATION OF MONUMENTS AND SITES

[Preamble]

imbued with a message from the past, the historic monuments of generations of people remain to the present day as living witnesses of their age-old traditions. People are becoming more and more conscious of the unity of human values and regard ancient monuments as a common heritage . The common responsibility to safeguard them for future generations is recognized . It is our duty to hand them on in the full richness of their authenticity .

It is essential that the principles guiding the preservation restoration of ancient buildings should be agreed and be laid down on an international basis, with each country being responsible for applying the plan within the framework of its own culture and traditions.]

By defining these basic principles for the first time, the Athens Charter of 1931 contributed towards the development of an extensive international movement which has assumed concrete from in national documents, in the work of ICOM and UNESCO and in the establishment by the latter of the International Centre for the Study of the Preservation and the Restoration of Cultural Property. Increasing awareness and critical study have been brought to bear on problems which have continually become more complex and varied; now the time has come to examine the Charter afresh in order to make a thorough study of the principles involved and to enlarge its scope in a new document.

Accordingly, the 2nd International Congress of Architects and Technicians of Historic Monuments, which met in Venice from May 25th to 31st 1964, appoved the following text:

DIFINTIONS

ARTICLE 1. The concept of an historic monument embraces not only the single architectural work but also the urban or rural setting in which is found the evidence of a particular civilization, a significant dedelopment or an historic event. This applies not only to great works of art but also to more modest works of past which have acquired cultural significance with the passing of time.

ARTICLE 2. The conservation and restoration of monuments must have recourse to all the sciences and techniques which can contribute to the study and safeguarding of the architectural heritage.

ARTICLE 3. The intention in conserving and restoring monuments is to safeguard them no less as works of art than as historic evidence.

CONSERVATION

ARTICLE 4. It is essential to conservation of monuments that they be maintained on a permanent basis.

ARTICLE 5. The conservation of monuments is always facilitated by making use of them for some socially useful purpose. Such use in therefore desirable but it

التوصيات

في ضوء هذه الدراسة ونتائجها:

1- إيلاء المنشآت الأثرية الاهتمام الذي تستحقه باعتبارها أرث حضاري يؤكد الأصالة .

2- حمايــة المنشآت الأثرية من التلف وذلك عن طريق تنظيم المناطق الأثرية ومراعاة وضــع المنشآت في المدن من خلال المخططات التنظيمية. ومنع التعديات البشرية الناتجة عــن حركة التوسع العمراني تحت ضغط الزيادة السكانية ،وربط المنشآت الأثرية بالنسيج المعمــاري للمــدن مــن خــلال إعــادة تأهيلها وترميمها بشكل علمي ومدروس لإعادة استثمارها من جديد وربطها بحياة الناس .

3- تخفــيض معدلات التلوث الجوي من خلال تنظيم الحركة المرورية في المدن وإعادة توزيــع المنشآت الصناعية والتحول إلى الصناعات والمواد الصديقة للبيئة والاستفادة من التجارب العالمية في هذا المجال .

4- متابعة الدراسات والنظريات والأبحاث والتجارب العالمية التي تهتم بعلوم الترميم وإعادة التأهيل .

5- تبادل الخبرات والاهتمام بنتائج مشاريع ترميم التي تجرى في الدول المجاورة .

6- الاهتمام والسعي لعقد أو حضور الندوات والمؤتمرات التي تتناول موضوع الترميم .

7- وضــع ضــوابط فنية وقانونية في ضوء الدراسات والأبحاث لضبط عمليات الترميم وضمان مراعاتها للمعايير العالمية .

8- السعي لتأهيل كادر بشري متخصص في هذا المجال على أساس علمي وأكاديمي .

9- الاهــتمام بإنجــاز ودعــم الدراسات البحثية وتشجيع حركة الترجمة لإغناء المكتبة العربية التي تفتقر إلى مراجع متخصصة في هذا المجال .

10- اهتمــت هــذه الدراسة بظاهرة تلف الحجر الرملي المستخدم في الأبنية القديمة في الســاحل الســوري وتقيــيم التأثــيرات القصيرة الأمد لأحد أساليب المعالجة والتي يمكن اعتــبارها حلقــة أولى في سلسلة دراسات يجب أن تتابع ويمكن أن تشمل مثلاً : التأثيرات بعــيدة الأمد لعمليات المعالجة ،حساب معدل التلف والنمذجة الرياضة لعملية التلف ،البحث في تأثير تلف الحجر على الاستقرار الإنشائي.

- ظهور طبقة غامقة مائلة للاحمرار تؤول إلى قشرة تنفصل عن الحجر لتكشف الطبقات الطرية التي تدخل بدورها في نفس السلسلة .
- إهتراءات موضعية في سطح الحجر .
- تفكك حبيبي لحبيبات الحجر وحدوث ظاهرة ترمل الحجر .

3- الإتلاف البشري على الحجر .ويتضح ذلك من خلال :

- استخدام مواد غريبة عن الحجر (مونة اسمنتية) في عمليات الترميم بما يتنافى مع معايير الترميم .
- إلحاق الأذى بالنسيج الحجري عن طريق عمليات الكشط في محاولة لإعادة تأهيل المنشآت وتنظيفها .
- إعـادة تأهـيل المنشـآت القديمـة لاسـتخدامات معاصرة بشكل غير علمي ومدروس . واستخدامها كأماكن لنشاطات تلحق الضرر بالمنشأ .

4- قدمـت الدراسـة نموذجـاً علـى مواد المعالجة الحديثة للحجر وقيمت التأثيرات القصـيرة الأمد لهذا العلاج على الحجر من خلال بعض المعايير وكانت هذه النتائج مرضـية ولكـنها بحاجة للمتابعة للتحري عن التأثيرات بعيدة الأمد قبل اعطاء حكم نهائي حول فعالية هذا العلاج .

خاتمة

اعتمد الإنسان في منطقة الساحل السوري على الحجر الرملي كمادة بناء رئيسية حتى عهد قريب (قبل انتشار الأبنية البيتونية) وبرع في تطويعها واستخدامها لتلبي متطلباته وهناك شواهد كثيرة تنتمي إلى مختلف العصور و المدارس المعمارية (فينيقي – روماني– عربي إسلامي).

حاولت هذه الدراسة تقديم فكرة عن الأدبيات الموصى بها في حقل ترميم الأبنية الأثرية ومتطلبات ومراحل العمل الترميمي . ثم تقديم فكرة معمقة عن أهم مظاهر التلف وتصنيفها وأسبابها وتقديم دراسة ميدانية توثيقية لأهم مظاهر التلف الحاصل في حجر البناء المستخدم في الأبنية الأثرية في الساحل السوري (الحجر الرملي) ومحاولة لتشخيص مسبباتها . وصولاً إلى عرض لأحدث الطرق المستخدمة عالمياً في معالجة تلف الحجر المتمثلة في تطبيق مواد مقوية وطاردة للماء ومعايير المعالجة الناجحة ثم عرض لنتائج تطبيق أحد هذه الأنواع على عينات مخبرية وتقييمها .

ويمكن بعد هذه الدراسة أن نسجل النقاط التالية :

1- يتعرض الحجر الرملي المستخدم في الأبنية القديمة في منطقة الساحل السوري لعوامل تسبب في زيادة معدلات التلف أهمها :

- الرطوبة العالية .
- أبخرة الأملاح البحرية .
- غازات التلوث الجوي الناتجة عن عوادم السيارات والنشاط البشري الصناعي.
- النمو البيولوجي للأحياء الدنيا (أشنيات –طحالب ...) والنباتات الأرقى نتيجة توفر الشروط الملائمة للنمو .
- المسامية العالية نسبياً للحجر الرملي في منطقة الساحل السوري التي تجعله أكثر عرضة لعوامل التلف.

2- تتنوع مظاهر التلف في الحجر في منطقة الساحل السوري وهذه المظاهر هي :

- ظهور طبقة سوداء على سطح الحجر .
- طبقة ملحية على سطح الحجر (تملح الحجر –تزهير الحجر) .

عـــند الشروع في عمل ترميمي حقيقي يجب التوسع في مجال التجارب المخبرية والحقلية للوصول إلى أفضل النتائج .

- الأمـــر الثانـــي يـــتعلق بعدم تأثير مادة الغلاج على تركيز شوارد Na^{+} والـــذي يمكن ربطه بطبيعة المادة المعالجة وهذا أيضاً يستدعي إجراء دراســـات أوسع خارج حدود هذه الدراسة .وهذا يؤكد مرة أخرى على مســـألة دراســـة كل مشروع ترميم كحالة فريدة عن غيرها فما يصلح للاستخدام في إحدى الحالات قد لا يصلح في حالات أخرى .

+++++++++++++++++++++++++++++++++++

١

تعليق على النتائج :

1- إن قيم المسامية العالية للحجر الرملي المستخدم في البناء تجعل الحجر عرضة للرطوبة وما ينحل بها من غازات التلوث الجوي وبخار الأملاح البحرية وتوفر ظروف ملائمة للنمو الحيوي .وهذا يفسر زيادة معدل التلف في الحجر الرملي في الساحل السوري ذي المسامية العالية .

2- إن القيم المرتفعة لشوارد الكبريتات والنترات في حجارة مسرح جبلة يمكن أن تعكس طبيعة البيئة المدنية الغنية بغازات التلوث الجوي (air pollution) الناتجة عن عوادم السيارات والنشاط البشري .

3- يمكن تسجيل النقاط الإيجابية التالية حول نتائج العمل التجريبي حول استخدام المنتج Buima-Repllent-C باعتباره من المواد الطاردة للماء والمقوية للحجر الطبيعي consolidate and water repellent :

- لم تسبب المعالجة أي تغيرات لونية غير مرغوبة أو فساد في لون الحجر الطبيعي على مدى عام كامل
- لم تسبب المعالجة انخفاضاً مميزاً في مسامية الحجر وبالتالي فهي تراعي مسألة تنفس الحجر .
- أدت المعالجة إلى تقليل خصائص احتباس الماء ضمن مادة الحجر water retention characteristics مقارنة مع العينات غير المعالجة. والذي يعتبر عاملاً هاماً في الحد من تلف الحجر .

4- إن التأثيرات التي يتركها تطبيق مادة العلاج على الحجر خلال الفترة الأولى من تطبيقه (حتى مرور عام) تسمى التأثيرات القصيرة الأمد short term effects بينما تسمى التأثيرات والنتائج التي يتركها العلاج على الحجر بعد مضي فترات طويلة تسمى التأثيرات طويلة الأمد long term effects ومن هذا المنطلق يمكن أن نعتبر أن التأثيرات القصيرة الأمد للمادة Buima-Repllent-C عند تطبيقه على الحجر الرملي المستخدم في الأبنية القديمة في الساحل السوري تأثيرات إيجابية ومقبولة مع التذكير بالأمرين الهامين التاليين :

- تعتبر هذه الدراسة التجريبية حول المادة Buima-Repllent-C وتأثيراتها دراسة مخبرية مبدئية تعطي فكرة عن سلوك الحجر بعد المعالجة و

النتائج والملاحظات :

مما تقدم من نتائج يمكن تسجيل ما يلي :

1- إن الحجــر الرملـــي المستخدم في الأبنية القديمة في الساحل السوري له مسامية مرتفعة تصل إلى (20% وسطياً) .

2- يوجد اختلاف في قيم المسامية بين سطح الحجر وجوفه .

3- يمكن اعتماد القيمة2.3 كقيمة للوزن النوعي للحجر الرملي في الساحل السوري .

4- يوجــد نشـــاط كيميائي عالي في مسامات الحجر الرملي بوجود الماء. والشوارد الملحوظة في هذه المسامات هي (Ca^{+2} , Na^{+} , SO_4^{-2} ,NO_3^{-})

5- تباينت مقاومة الضغط للعينات إلى درجة لا يمكن معها اعتماد قيمة محددة لإجهاد الكسر على الضغط .

6- ظهــرت بعض التغيرات اللونية في العينات المعالجة في الفترة التي أعقبت تطبيق المادة (خلال مدة 3 ساعات) .

7- بعد تطبيق العلاج تشكل غشاء شفاف يغلف العينة ويعطي بريقاً .

8- إن معالجـــة العيـــنات بالمنتج **Buima-Repllent – C** لم تسبب تغيرات لونية أو فساد في اللون في العينات المعالجة على مدى المراقبة (سنة واحدة).

9- تســـبب تطبيق المنتج **Buima-Repllent–C** على العينات إلى انخفاض بسيط في المسامية.

10- تســـبب تطبيـــق Buima-Repllent – C في تخفيض النشاط الكيميائي ضمن مسام العينات الحجرية بشكل ملحوظ .كما تسبب في تخفيض تركيز شاردتي Ca^{+2},$SO4^{-2}$ مقارنة مع عينات مشابهة وغير معالجة وخاضعة لنفس الظروف وعلى مدى ستة أشهر.

11- لـــم يؤثر تطبيق **Buima-Repllent – C** على تركيز شاردة Na^{+} بشكل ملحوظ مقارنة مع تركيزها في عينات المقارنة (**control**) خلال ستة أشهر .

12- ظهــر تحسن ملحوظ في نظام حركة الرطوبة والجفاف في العينات المعالجة مقارنة مع العينات غير المعالجة ولمدة ستة أشهر .

رابعاً :خاصية احتباس الماء :

وتـــتم المقارنة على فرق الوزن للعينة قبل الغمر وبعد الغمر بالماء المقطر لمدة 24 ساعة ثم تترك العينة خارج الماء لمدة 24 ساعة :

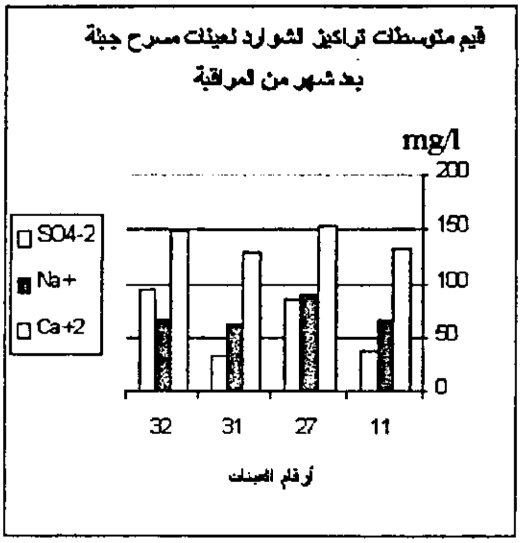
الجدول (6-24) :

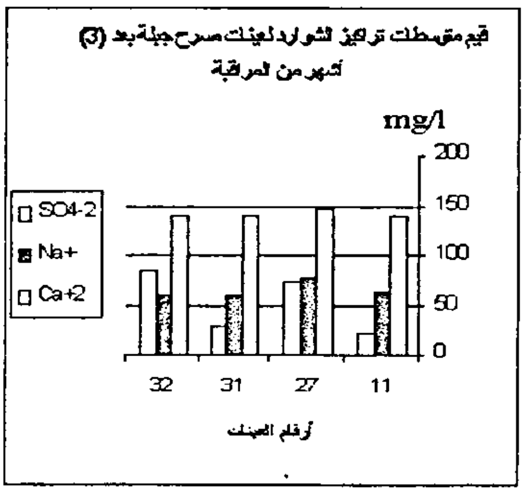
العينة	بعد شهر			بعد 3 أشهر			بعد 6 أشهر		
	قبل الغمر	بعد الغمر	الفرق	قبل الغمر	بعد الغمر	الفرق	قبل الغمر	بعد الغمر	الفرق
	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr	gr
3	681	714.5	33.5	681	701	24	681	700	20
5	605	667	62	605	669	61.8	605	665	61.5
20	822.5	843.5	21	819	839	20	820	841.5	21.5
21	813	840	27	807.5	833	25.5	808	837	29
22	677	707	30	678	696	18	677.5	695.5	18
31	672	694	22	675	685	10	676.5	687	10.5
32	518	576	58	514.5	573	58.5	514	569.5	55.5

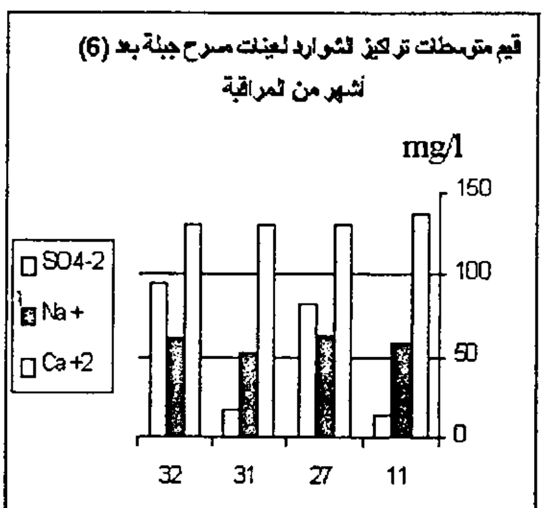
الفروق الوزنية قبل وبعد الغمر بالماء للعينات المختبرة

يمكن ملاحظة أن القياسات المتعلقة بالعينة 21 هي قيم شاذة ويمكن إرجاعها إلى دقة القياس ، ولتلافي هكذا شذوذ كان من الأفضل أخذ عينات أكثر بحيث يمكن القيام بدراسات إحصائية مستفيضة يمكن من خلالها الخروج بنتائج مفيدة فيما يتعلق بخاصية إحتباس الماء .

========================


قيم متوسطات تراكيز الشوارد لعينات مسرح جبلة
بعد شهر من المراقبة
mg/l
200
150
100
50
0
SO4-2
Na+
Ca+2
32
31
27
11
أرقام العينات


قيم متوسطات تراكيز الشوارد لعينات مسرح جبلة بعد (3)
أشهر من المراقبة
mg/l
200
150
100
50
0
SO4-2
Na+
Ca+2
32
31
27
11
أرقام العينات


قيم متوسطات تراكيز الشوارد لعينات مسرح جبلة بعد (6)
أشهر من المراقبة
mg/l
150
100
50
0
SO4-2
Na+
Ca+2
32
31
27
11
أرقام العينات

الشكل (6-9) :

الجدول (6-22) :

العينة :31		مدرج جبلة			معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	131	64	35
	5 يوم	-	128.5	63	33
	10 يوم	-	133	61	30
3 أشهر	1 يوم	-	144	62	28
	5 يوم	-	140	59	25
	10 يوم	-	138.5	56	33
6 أشهر	1 يوم	-	135	52.5	19
	5 يوم	-	130	55	18.5
	10 يوم	-	126	54	18

تركيز الشوارد في العينة (31)

الجدول (6-23) :

العينة :32		مدرج جبلة			غير معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1	-	152	69	92
	5	-	148.5	66	98
	10	-	146.5	66.5	93
3 أشهر	1	-	144	61	84
	5	-	140	60	87
	10	-	138.5	59	81
6 أشهر	1	-	135	60	93
	5	-	130	60	96
	10	-	126	61.5	98.5

تركيز الشوارد في العينة (32).

الجدول (6-20) :

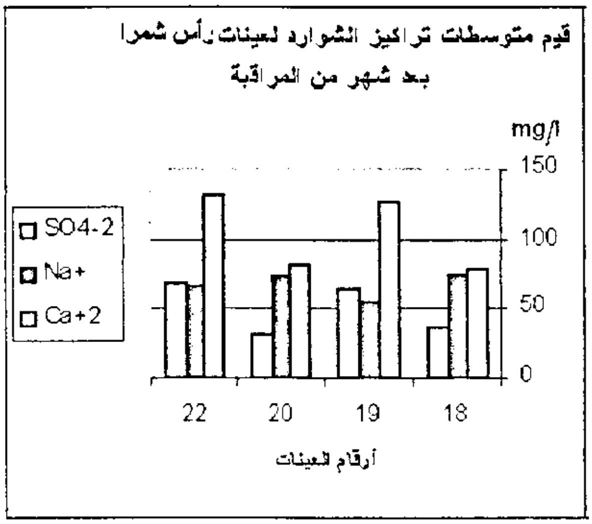
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^+	Ca^{+2}
العينة: 11		مدرج جبلة			معالج
		تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
شهر	1 يوم	-	135	68	38
	5 يوم	-	133	66	37
	10 يوم	-	133	66	38
3 أشهر	1 يوم	-	142	62	23
	5 يوم	-	140	62	23
	10 يوم	-	140.5	60	24
6 أشهر	1 يوم	-	137	59	14.5
	5 يوم	-	137	59	15
	10 يوم	-	136	58.5	15

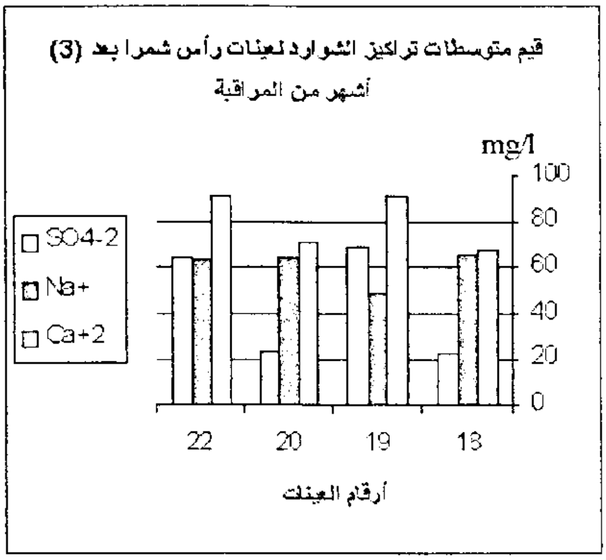
تركيز الشوارد في العينة (11)

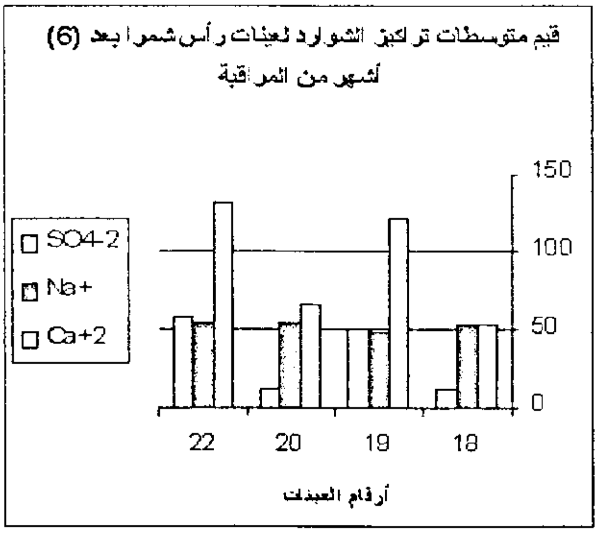
الجدول (6-21) :

المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^+	Ca^{+2}
العينة: 27		مدرج جبلة			غير معالج
		تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
شهر	1	-	155	102	87
	5	-	152	88	85
	10	-	152	83	87.5
3 أشهر	1	-	148	82	72
	5	-	145	80	72
	10	-	145	73	75
6 أشهر	1	-	132	62.5	83
	5	-	132	63	83
	10	-	129	61.5	83

تركيز الشوارد في العينة (27)


قيم متوسطات تراكيز الشوارد لعينات رأس شمرا
بعد شهر من المراقبة
mg/l
150
100
50
0
SO4-2
Na+
Ca+2
22
20
19
18
أرقام العينات


قيم متوسطات تراكيز الشوارد لعينات رأس شمرا بعد (3)
أشهر من المراقبة
mg/l
100
80
60
40
20
0
SO4-2
Na+
Ca+2
22
20
19
18
أرقام العينات


قيم متوسطات تراكيز الشوارد لعينات رأس شمرا بعد (6)
أشهر من المراقبة
150
100
50
0
SO4-2
Na+
Ca+2
22
20
19
18
أرقام العينات

الشكل (6-8) :

لجدول (6-18) :

العينة :20		رأس شمرا			معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	80	75	31
	5 يوم	-	82	72	29.5
	10 يوم	-	81	71	29
3 أشهر	1 يوم	-	72	61	24
	5 يوم	-	71	65	23
	10 يوم	-	71.5	68	23
6 أشهر	1 يوم	-	68	56	11
	5 يوم	-	66	54	10.5
	10 يوم	-	66.5	54	11

تركيز الشوارد في العينة (20)

الجدول (6-19) :

العينة :22		رأس شمرا			غير معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	131	69	68
	5 يوم	-	128.5	63	62
	10 يوم	-	133	63.5	70
3 أشهر	1 يوم	-	90	61	61.5
	5 يوم	-	91	64	65
	10 يوم	-	92	66	65.5
6 أشهر	1 يوم	-	135	55	58
	5 يوم	-	130	54	59
	10 يوم	-	126	54	57.5

تركيز الشوارد في العينة (22)

الجدول (6-16) :

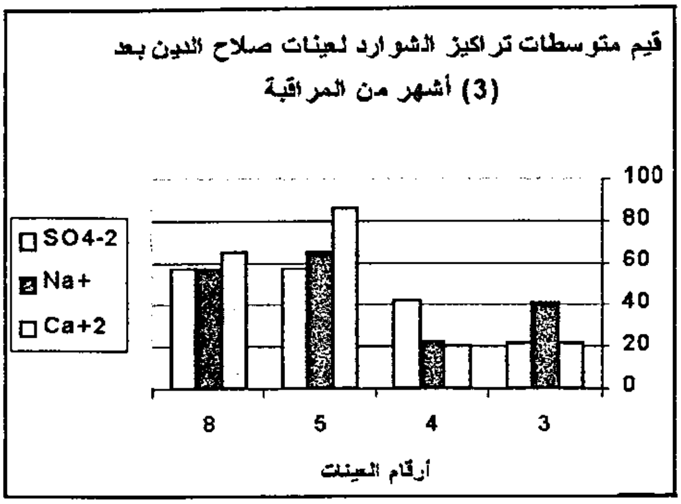
العينة: 18		رأس شمرا			معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	77	75	37
	5 يوم	-	79	73	35
	10 يوم	-	78	72	35
3 أشهر	1 يوم	-	68	64.5	22
	5 يوم	-	68.5	65	23
	10 يوم	-	68	66	22
6 أشهر	1 يوم	-	53	53	13
	5 يوم	-	53	54	11
	10 يوم	-	53.5	54	11

تركيز الشوارد في العينة (18)

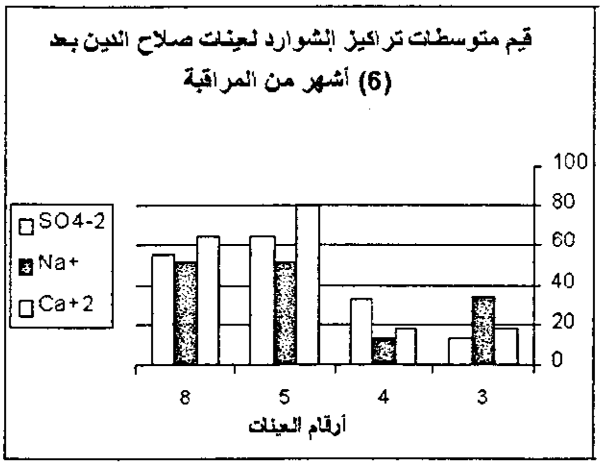
الجدول (6-17) :

العينة: 19		رأس شمرا			غير معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	125	52	65
	5 يوم	-	127	55	62
	10 يوم	-	127	57	65
3 أشهر	1 يوم	-	88	51	68
	5 يوم	-	93	47	70
	10 يوم	-	93	49.5	70
6 أشهر	1 يوم	-	122	49	52
	5 يوم	-	122	47.5	49
	10 يوم	-	121	47	51

تركيز الشوارد في العينة (19)



الشكل (6-6) : تخطيط يوضح متوسط قيم التراكيز المأخوذة بعد 3 أشهر والواردة في الجداول الأربع أعلاه

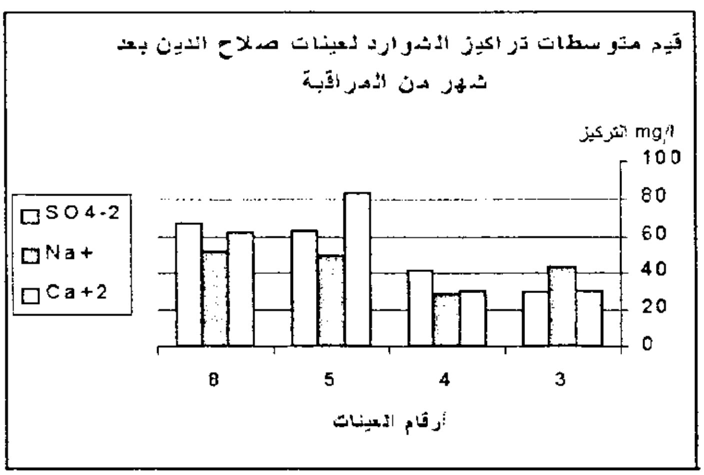


الشكل (7-6) : تخطيط يوضح متوسط قيم التراكيز المأخوذة بعد 6 أشهر والواردة في الجداول الأربع أعلاه

الجدول (6-15) :

العينة: 8		صلاح الدين			غير معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	**SO_4^{-2}**	**Na^{+}**	**Ca^{+2}**
شهر	1 يوم	-	62	52	72.5
	5 يوم	–	62	52	66
	10 يوم	–	61	51	63
3 أشهر	1 يوم	-	66	57	64
	5 يوم	–	65	57	52
	10 يوم	–	65	58	55
6 أشهر	1 يوم	-	65	51	56
	5 يوم	–	65	52	55
	10 يوم	–	64	50	55

تركيز الشوارد في العينة 8



الشكل (6-5) : تخطيط يوضح متوسط قيم التراكيز المأخوذة بعد شهر والواردة في الجداول الأربع أعلاه



الصورة (6-6) : أحد العينات أثناء الغمر

الجدول (6-14) :

العينة 5:		صلاح الدين		غير معالج	
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	80	54	80
	5 يوم	-	84	48	48
	10 يوم	-	85	47	60
3 أشهر	1 يوم	-	85	61	64
	5 يوم	-	85	65	52
	10 يوم	-	89	68	55
6 أشهر	1 يوم	-	78	52	68
	5 يوم	-	81	51	62
	10 يوم	-	83	50	64

تركيز الشوارد في العينة 5

الجدول (6-12) :

العينة : 3		صلاح الدين			معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	30.5	44	30
	5 يوم	-	30	42	28
	10 يوم	-	30	43.5	29.5
3 أشهر	1 يوم	-	22	43	22
	5 يوم	-	20.5	41	21
	10 يوم	-	20	40.5	21
6 أشهر	1 يوم	-	18	31	13
	5 يوم	-	18	30	12
	10 يوم	-	18.5	40.5	12.5

تركيز الشوارد في العينة 3

الجدول (6-13) :

العينة : 4		صلاح الدين			معالج
المدة بعد تطبيق المعالجة	وقت أخذ عينة ماء الغمر	تركيز الشوارد (ملغ/ل)			
		CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}
شهر	1 يوم	-	30	41	28.5
	5 يوم	-	30	42	28
	10 يوم	-	30	42.5	28
3 أشهر	1 يوم	-	20	43	22
	5 يوم	-	20.5	41.5	22
	10 يوم	-	20	40.5	21
6 أشهر	1 يوم	-	18	31	13
	5 يوم	-	18	30	13
	10 يوم	-	18	37.5	12.5

تركيز الشوارد في العينة 4

ملاحظة هامة :

لابـــد مـــن الإشارة إلى أمر هام في ما يتعلق بقضية اللون ، وهو أنه عند الانتهاء مباشرة من تطبـــيق مادة العلاج على كافة العينات لوحظ وجود تغيرات لونية آنية استمرت لمدة 3 ساعات بعد تطبيق المعالجة و هذه التغيرات موضحة في الجدول التالي :

الجدول (6-11) :

المصدر	رقم العينة	القيم اللونية حسب اللوحة المرفقة	
		قبل المعالجة	بعد المعالجة (أقل من 3 ساعات)
قلعة صلاح الدين	3	4	5
مسرح جبلة	31	10	11-12
	A2	19-20	21
رأس شمرا	20	5	6
	21	5	6

التغيرات اللونية الآنية للعينات بعد المعالجة

كمـــا لوحـــظ تشكل بريق لسطوح العينات وخصوصاً العينة 3 يعطي انطباع عن وجود غشاء شفاف يغلف العينة .

ثالثاً : تعقب النشاط الكيماوي في مسام الحجر :

بـــالعودة إلـــى اســتخدام طـــريقة الغمر بالماء وتحليل ماء الغمر لمعرفة النشاط الكيماوي في مســـامات الحجر . فلقد تم غمر العينات المعالجة وعينات المقارنة بالماء المقطر خلال فترات شـــهر ،3 أشهر، 6 أشهر من معالجتها .في كل مرة أخذت عينات من ماء الغمر بعد مرور : يوم ،5 أيام، 10 أيام .تم تحليل العينات المائية للبحث عن تركيز شوارد :

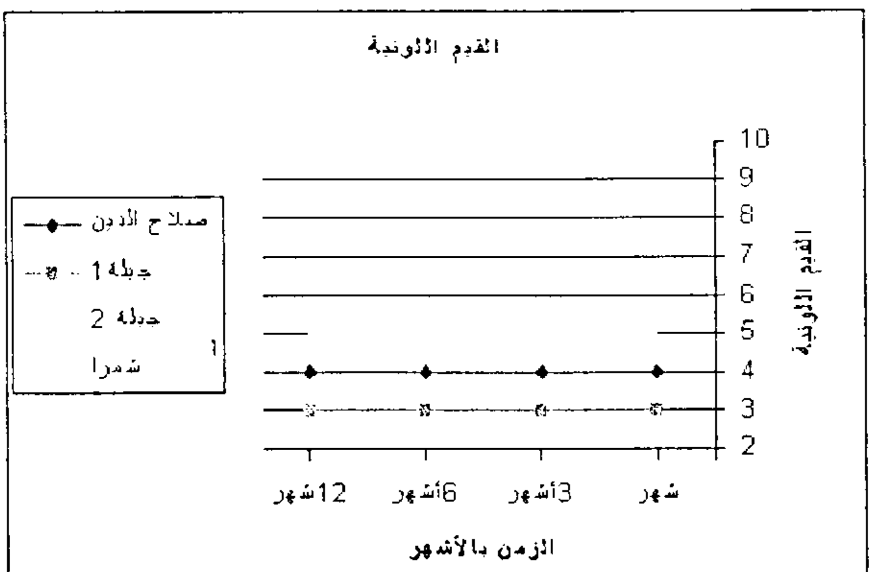
CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	Na^{+}	Ca^{+2}

وجاءت النتائج كما يلي :

الجدول (6-10) :

المصدر	رقم العينة	القيم اللونية حسب اللوحة المرفقة			
		بعد شهر	3 أشهر	6 أشهر	12 شهر
قلعة صلاح الدين	3	4	4	4	4
	4	4	4	4	4
	5	4	4	4	4
	8	4	4	4	4
مسرح جبلة	11	3	3	3	3
	27	3	3	3	3
	31	10	10	10	10
	32	10	10	10	10
	A1	10	10	10	10
	A2	19-20	19-20	19-20	19-20
رأس شمرا	18	5	5	5	5
	19	5	5	5	5
	20	5	5	5	5
	21	5	5	5	5
	22	5	5	5	5

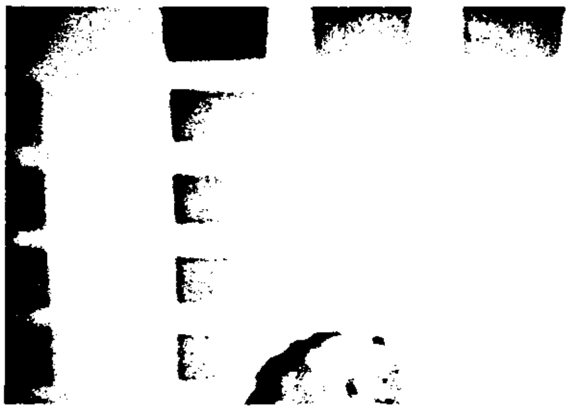
القيم اللونية للعينات المختبرة



الشكل (6-4):تخطيط يوضح قيم اللون مع الزمن والواردة في الجدول(6-6)

ثانياً : التغيرات اللونية :

مــن أجــل تتبع التغيرات اللونية المحتملة تم اعتماد لوحة ألوان تحوي على مختلف التدرجات اللونــية للحجــر الرملي، الصورة (4 و5). وبنفس الأسلوب جرى تتبع التغيرات اللونية في العيــنات خــلال الفــترات التالــية : شهر ،ثلاثة أشهر ،ستة أشهر ، سنة وسجلت النتائج في الجدول (6-6).



الصورة (6-4) : تبين لوحة الألوان وكيفية مقارنة لون العينات



الصورة (6-5) : تبين لوحة الألوان وكيفية مقارنة لون العينات

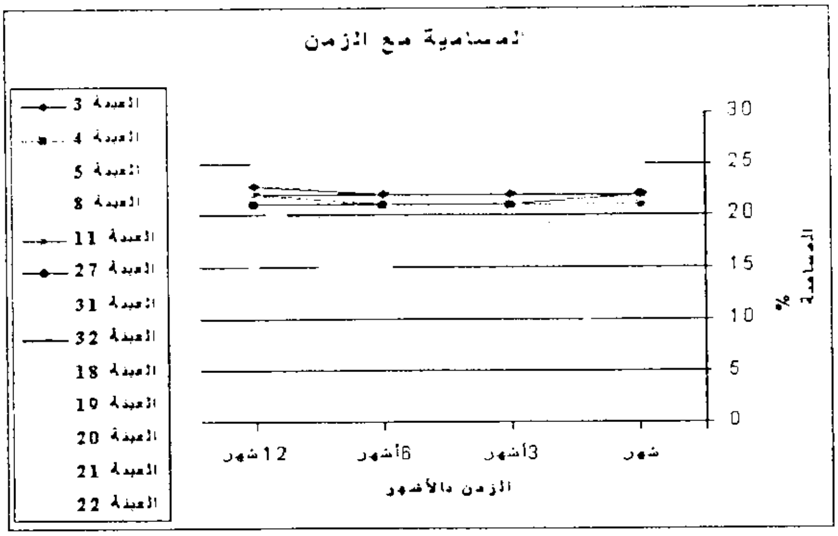
أولاً : التغيرات في المسامية :

جـرى وضـع عيـنات إضافية معالجة وغير معالجة في نفس الظروف وتنتمي إلى المواقع الثلاث من أجل تتبع التغيرات في المسامية . فكانت النتائج كما في الجدول (6-9) :

الجدول (6-9) :

المصدر	العينة	قيم المسامية % بعد شهر	3 أشهر	6 أشهر	12 شهر
قلعة صلاح الدين	3	22	22.1	22	22.9
	4	21	21	21	21
	5	25	25	25	25#
	8	20.5	21	21	21
مسرح جبلة	11	22	21	21	22
	27	22	21	21	21
	31	19	19.5	19.5	20.2
	32	22	22	22	22
رأس شمرا	18	14.2	14	14	14
	19	14	14	14	14.1
	20	14	14.1	15	15.1
	21	9	11.1	12	12
	22	14.5	14.5	14.5	14.5

قيم المسامية للعينات المُعالجة وعينات المراقبة مع الزمن



الشكل (6-3):المسامية % مع الزمن ، خلال 12 شهر

2- طريقة تطبيق مادة المعالجة:

تــم تطبيق مادة العلاج باستخدام الفرشاة لطلاء سطح العينات ، وجرى تكرار الطلاء ثلاث مرات لكل عينة .

3- معايير تقييم العلاج :

تم تقييم العلاج من مراقبة المعايير التالية :

- التغيرات في المسامية .
- التغيرات اللونية .
- النشاط الكيميائي ضمن مسام العينات .
- خاصية امتصاص الماء .

لــم يــتم الاعــتماد على معيار عمق الاختراق لأن مادة العلاج ذات خصائص ثنائية (طــاردة للمـــاء ومقوية للحجر) ولكن تم حساب عمق الاختراق الوسطي لكل عينة بالاعتماد على كمية المادة المعالجة التي احتفظت بها العينة ، في الجدول (6-8).

الجدول (6-8).

العينة	الوزن (gr) قبل المعالجة	الوزن (gr) بعد المعالجة	الفرق (gr)	حجم المادة الممتصة (cm3)	مساحة السطح المعالج (cm2)	عمق الاختراق الوسطي mm
3	572	580.5	8.5	85.715	294	3.7E-01
20	670	682.0	12	118.5	294	5.2E-01
21	673	681.6	8.6	109.81	294	3.7E-01
31	572	586.8	14.75	81.37	294	6.4E-01

عمق الاختراق الوسطي

ولــم يعــتمد معيار التحسن بالمقاومة لأن تجهيزات قياس مقاومة الكسر المتوفرة (مكــابس هيدروليكــية) غير قادرة على تحسس التغيرات الضئيلة التي يمكن أن تطرأ على المقاومة ، راجع الجدول(6-4).

4- سير العمل التجريبي :

تــم تطبيق المعالجة على العينات المختارة ، ثم وضعت في الظروف الجوية الطبيعية مــع عينات المقارنة (control) ثم جرى مراقبتها خلال فترة تتضمن دورة مناخية كاملة وتم تسجيل الملاحظات والتغيرات وفق المعايير المحددة سابقاً .

6-8- تجارب حول تطبيق المادة Buima-Repllent – C على الحجر الرملي في الساحل السوري :

6-8-1 – التحضير للتجربة :

1-اختيار العينات :

تم اختيار العينات وفق المعايير التالية :

- شملت العينات المختبرة على نماذج من المناطق الثلاث (مدرج جبلة – قلعة صلاح الدين – رأس شمرا).
- اختيار عينات مرجعية للمقارنة (control) بحيث تنتمي إلى نفس الحجر الأم للعينات المعالجة .
- اختيار العينات المكعبية الأكثر سلامة والأقل تشوهاً من ناحية الشكل (إن نشر العينات عمل بشري فبالتالي لا يخلو الأمر من وجود تفاوت في دقة النشر) .

وضمن هذه المعايير تم اختيار العينات الموضحة في الجدول التالي :

الجدول(6-7):

العينة	الحجر الأم	الموقع	المصدر	ملاحظات
3	2	خارجي	صلاح الدين	للمعالجة
4	2	داخلي	صلاح الدين	للمعالجة
5	2	خارجي	صلاح الدين	بدون معالجة للمقارنة
8	2	داخلي	صلاح الدين	بدون معالجة للمقارنة
11	15	خارجي	مسرح جبلة	للمعالجة
27	17	خارجي	مسرح جبلة	بدون معالجة للمقارنة
31	16	داخلي	مسرح جبلة	للمعالجة
32	16	داخلي	مسرح جبلة	بدون معالجة للمقارنة
18	11	داخلي	رأس شمرا	للمعالجة
19	11	داخلي	رأس شمرا	بدون معالجة للمقارنة
20	11	خارجي	رأس شمرا	للمعالجة
21	11	خارجي	رأس شمرا	للمعالجة
22	11	خارجي	رأس شمرا	بدون معالجة للمقارنة

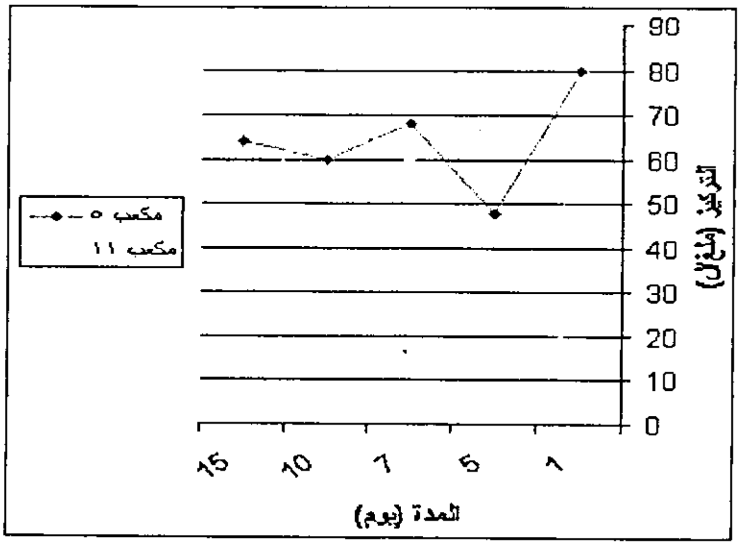
جدول بالعينات المختارة للتجارب

غمـــرت كـــل من العينتين (مكعب 5 ومكعب 11) في ليتر واحد من الماء المقطر ، وتم أخذ عيـــنات مـــن ماء الغمر في الفترات : 1 و5 و7 و10و15 يوم وأرسلت هذه العينات للتحليل للكشف عن تراكيز شاردة Ca^{+2} فكانت نتائج التحليل :

الجدول(6-6):

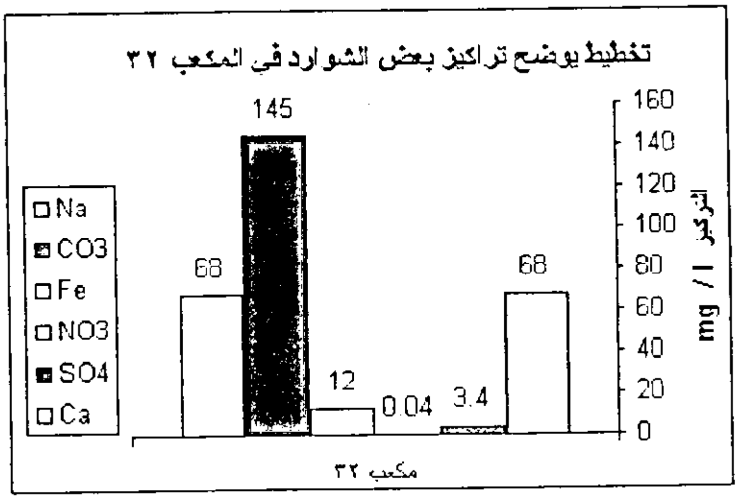
مكعب رقم 11	مكعب رقم 5	المدة (بالأيام) اعتباراً من 10/8/2002
46 mg/l	80 mg/l	1
68 mg/l	48 mg/l	5
60 mg/l	68 mg/l	7
64 mg/l	60 mg/l	10
56 mg/l	64 mg/l	15

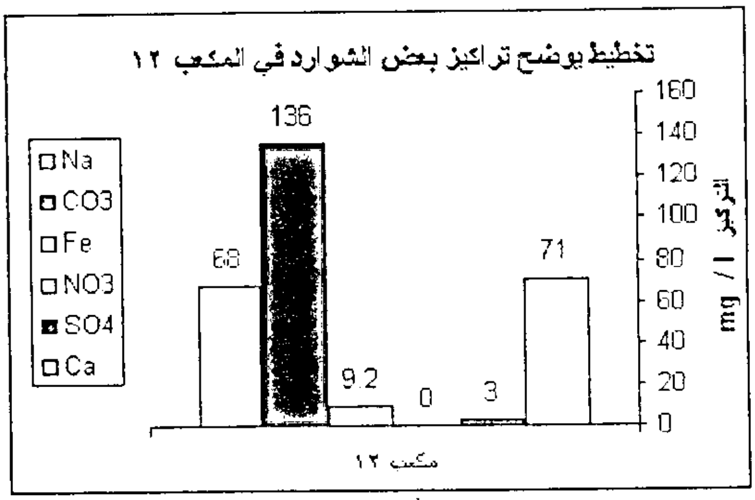
نتائج تحليل مياه الغمر

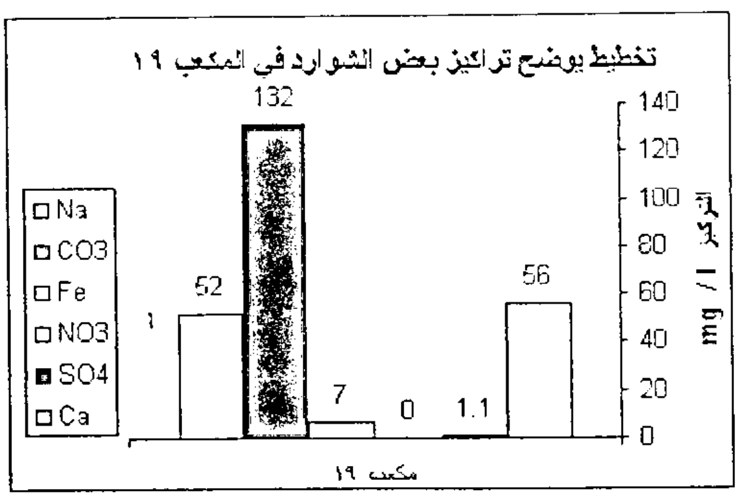


الشكل (6-2) :يوضح تغير تركيز شارة الكالسيوم مع الزمن في مسام الحجر

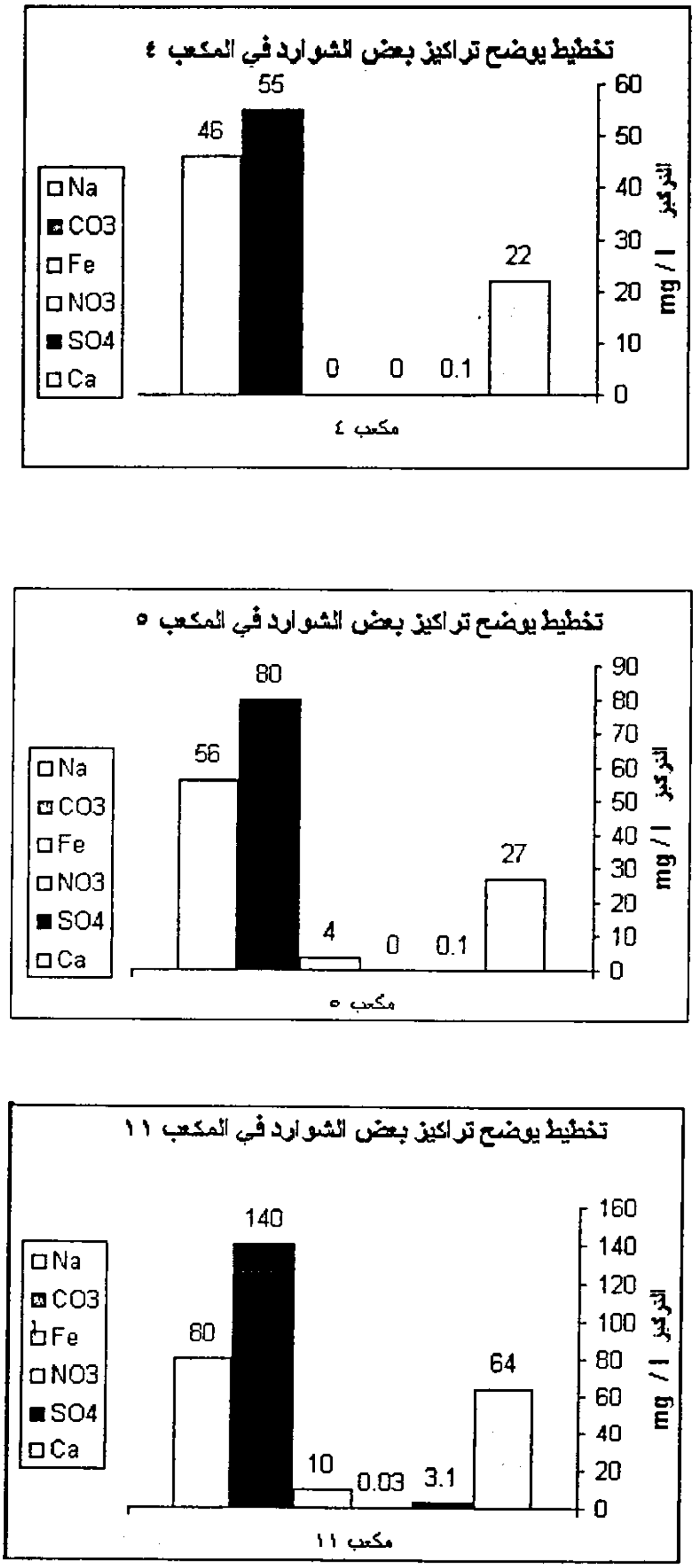
تدل هذه القيم المتغيرة لتراكيز شوارد الكالسيوم مع الزمن على أن الحجر الطبيعي بوجود الوسط المائي في حالة نشاط كيميائي مستمر .







تابع الشكل (6-1) : تمثيل قيم التراكيز الواردة في الجدول (6-5)



الشكل (6–1) : تمثيل قيم التراكيز الواردة في الجدول (6–5)

كما تبين الدراسة النظرية أن تلف الحجر بتأثير العوامل الجوية يتم من خلال انحلال غازات التلوث الجوي وبخار الأملاح البحرية في الماء الناتج عن الرطوبة داخل مسام الحجر مكونـــة مركـــبات وأحماض تتفاعل مع فلزات الحجر مكونة أملاحاً منحلة تهاجر ضمن مادته باتجـــاه السطح عند الجفاف لتترسب عليه أوفي الطبقة تحت السطحية فتسبب ما يعرف بالتملح أو التزهـــير والفلـــزات الأكـــثر تأثراً هي فلزات الملاط فتؤدي هذه العملية إلى تخريب البنية وتفكـــيك الحبيبات عن بعضها وبالتالي التلف وتعرف هذه الظاهرة بترمل الحجر (grained) وهـــذه الحالـــة موجـــودة بشكل شديد في حجارة مسرح جبلة وبدرجة أقل حدة وانتشاراً في حجـــارة متحف اللاذقية ، وأشهر الشوارد التي تدل على عمليات تلف الحجر هي SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , NO_x^- , Fe^{+3} , Ca^{+2} , Na^+ .

تـــم اختيار ست عينات من المناطق الثلاث وجرى غمر كل عينة في كمية ليتر واحد مـــن الماء المقطر لمدة 24 ساعة تم بعدها تحليل ماء الغمر بحثاً عن تراكيز الشوارد الستة ، فجاءت النتائج كما يلي :

الجدول(6-5):

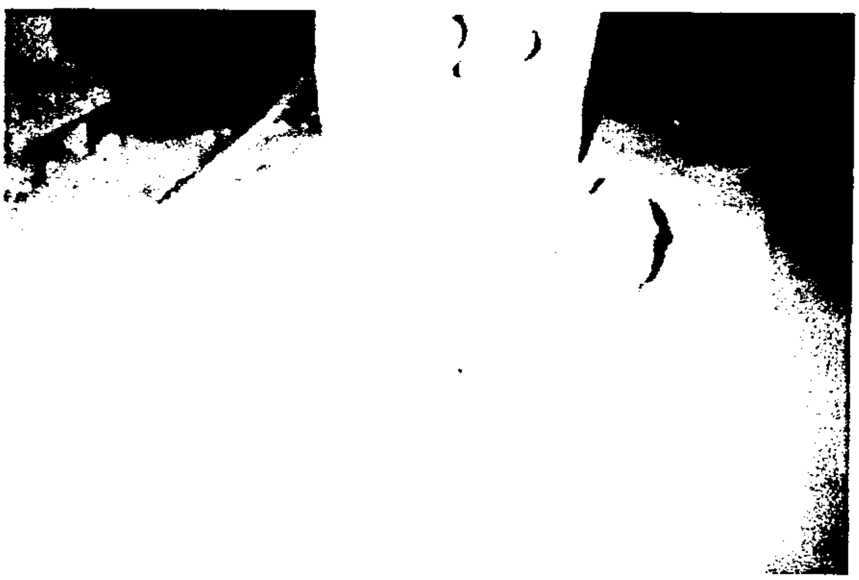
رقم المكعب	4	5	11	32	12	19
الحجر الأم	2	2	15	16	11	11
الموقع	داخلي	خارجي	داخلي	داخلي	خارجي	داخلي
المصدر	صلاح الدين	صلاح الدين	جبلة.	جبلة	شمرا	شمرا
التاريخ	14/8/2002	14/8/2002	15/8/2002	15/8/2002	20/8/2002	20/8/2002
شاردة	التراكيز mg / l					
Na^+	22	27	64	68	71	56
CO_3^{-2}	0.1	0.1	3.1	3.4	3	1.1
Fe^{+3}	–	–	0.03	0.04	–	–
NO_3^-	– ۱	4	10	12	9.2	7
SO_4^{-2}	55	80	140	145	136	132
Ca^+	46	56	80	68	68	52

يوضح قيم تراكيز الشوارد في مياه الغمر للعينات المكعبية

	7.35	143,000	4900	70*70*70	داخلي	26	17	مسرح جبلة
	29.18	35,000	4900	70*70*70	داخلي	30	16	مسرح جبلة
	7.14	41,000	4900	70*70*70	خارجي	13	11	شمرا
	8.37	65,000	4900	70*70*70	داخلي	15	11	شمرا
	13.27	64,000	4900	70*70*70	داخلي	16	11	شمرا
	13.06	130,000	4900	70*70*70	داخلي	34	7	شمرا
	26.53	13,000	4900	70*70*70	داخلي	36	8	شمرا

المقاومة المكعبية لبعض العينات الحجرية

تبين الصورة (6-3) المكعب 30 بعد الكسر ، يمكن ملاحظة تفتت الحجر .



الصورة (6-3): بقايا المكعب 30 بعد الكسر

6-7-4- الشوارد الكيماوية في مسام الحجر :

بمــا أن المـــاء هو الوسط الذي تتم فيه ومن خلاله كافة النشاطات الكيماوية المخربة داخــل مســام الحجــر فتعتبر طريقة - غمر العينات الحجرية بالماء المقطر لمدة مفترضة ثم دراسة تراكيز الشوارد في ماء الغمر- أحدى الطرق الفعالة والشائعة في هذا المجال .

ملاحظات على القيم الواردة في الجدول (6-3) :

1. قيم المسامية عالية نسبياً (< 20%) وهذا يسمح بوجود الرطوبة العالية ويسمح بحرية أكبر لحركة الأملاح وإعادة ترسيبها (هجرة الأملاح) وبالتالي يمكن إعتبار المسامية العالية للحجر الرملي أحد العوامل الأساسية المساعدة على زيادة معدلات التخريب الجوي في منطقة الساحل السوري.
2. قد يستدل (بشكل غير حاسم) من التقارب النسبي في قيم المسامية للعينات الداخلية والخارجية على نشاط عمليات التخريب في هذا الموقع وبلوغها أعماق كبيرة.
3. من خلال قيم الوزن النوعي ؛ يمكن إعتماد القيمة ($2.3g/cm^3$ - $2.5g/cm^3$) كقيمة للوزن النوعي للحجر الرملي في الساحل السوري .

6-7-3- المقاومة الميكانيكية :

تم كسر بعض العينات المكعبية باستخدام جهاز الكسر الهيدروليكي وكانت النتائج على الشكل التالي :

الجدول(6-4) :

المصدر	الحجر الأم	رقم المكعب	الموقع	أبعاد النموذج mm	مساحة المقطع mm^2	قوة الكسر KN	إجهاد الكسر N/mm^2	
صلاح الدين	2	1	خارجي	70*70*70	4900	32,000	6.53	
صلاح الدين	2	2	خارجي	70*70*70	4900	30,000	6.12	
صلاح الدين	2	6	خارجي	70*70*70	4900	53,000	10.82	
صلاح الدين	2	7	داخلي	70*70*70	4900	62,000	12.65	
صلاح الدين	4	24	داخلي	70*70*70	4900	78,000	15.92	
صلاح الدين	1	25	داخلي	70*70*70	4900	150,000	30.61	
صلاح الدين	5	28	داخلي	70*70*70	4900	85,000	17.35	
مسرح جبلة	15	9	خارجي	70*70*70	4900	23,000	4.69	
مسرح جبلة	15	10	داخلي	70*70*70	4900	36,000	7.35	

6-7-2- المواصفات الفيزيائية للعينات المدروسة :

أجريـــت الاختــبارات على العينات الحجرية لتحديد خواصها الفيزيائية وهي: الوزن النوعـــي ونســبة الفراغ والمسامية ودرجة الرطوبة الطبيعية ودرجة الإشباع حيث تم اختيار مكعبات داخلية وخارجية من كل نوع (حسب المصدر) وتم حساب المواصفات السابقة لحجارة كل موقع فكانت النتائج حسب ما هو مبين في الجداول (6-3) .

الجدول(6- 3- أ) :

رقم الحجر	رقم المكعب	الموقع د / خ	الرطوبة الطبيعية W_w/W_s	الرطوبة المشبعة W_{sat}/W_s	الوزن النوعي	المسامية N %	نسبة الفراغ e
2	2	خ	0.004	1.112	2.356	21%	26%
	6	خ	0.0025	1.109	2.272	20%	25%
	7	د	0.0031	1.099	2.309	19%	23%
1	25	د	0.0212	1.071	2.453	15%	17%
5	28	د	0.0114	1.058	2.367	12%	14%

الخواص الفيزيائية لعينات قلعة صلاح الدين

الجدول(6- 3- ب) :

رقم الحجر	رقم المكعب	الموقع د / خ	الرطوبة الطبيعية W_w/W_s	الرطوبة المشبعة W_{sat}/W_s	الوزن النوعي	المسامية N %	نسبة الفراغ e
15	9	خ	0.00512	1.135976	2.194	23%	30%
	10	د	0.011009	1.113761	2.171	20%	25%
17	26	د	0.022977	1.065934	2.521	14%	17%
	27	د	0.02	1.065934	2.500	15%	17%
16	30	د	0.094782	1.127796	2.307	23%	29%
	32	د	0.095541	1.123142	2.298	22%	28%

الخواص الفيزيائية لعينات مسرح جبلة

16		داخلي	7 x 7 x 7
17		خارجي	7 x 7 x 7
18		داخلي	7 x 7 x 7
19		داخلي	7 x 7 x 7
20		خارجي	7 x 7 x 7
21		خارجي	7 x 7 x 7
22		خارجي	7 x 7 x 7
23		خارجي	7 x 7 x 7
24	4	داخلي	7 x 7 x 7
25	1	داخلي	7 x 7 x 7
26	17	داخلي	7 x 7 x 7
27		خارجي	7 x 7 x 7 سم
28	5	داخلي	7 x 7 x 7 سم
29		داخلي	7 x 7 x 7 سم
30	16	خارجي	7 x 7 x 7 سم
31		داخلي	7 x 7 x 7 سم
32		داخلي	7 x 7 x 7 سم
33	7	داخلي	7 x 7 x 7 سم
34		داخلي	7 x 7 x 7 سم
35	8	داخلي	7 x 7 x 7 سم
36		داخلي	7 x 7 x 7 سم

العينات المكعبية ومصادرها[2]

تم أيضاً أخذ عينات ذات شكل غير منتظم من حجارة مدرج جبلة (الصورة 1) وهما العينتان A2, A1 .

[2] النماذج الحجرية 3+6+9+10+12+13+14 لم يتم نشرها لعدم إمكانية الحصول على مكعبات بنفس الأبعاد وذلك بسبب حجوم هذه الأحجار .



الصورة (6-2): عينات حجرية

يبين الجدول (6-2) العينات المكعبية ومصادرها .

الجدول (6-2):

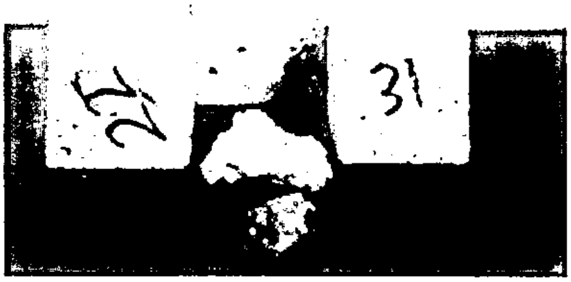
رقم المكعب	رقم الحجر المأخوذ منه (جدول (6-1))	موقع المكعب خارجي – داخلي	أبعاد المكعب cm
1	2	خارجي	7 x 7 x 7
2		خارجي	7 x 7 x 7
3		خارجي	7 x 7 x 7
4		داخلي	7 x 7 x 7
5		خارجي	7 x 7 x 7
6		خارجي	7 x 7 x 7
7		داخلي	7 x 7 x 7
8		داخلي	7 x 7 x 7
9	15	خارجي	7 x 7 x 7
10		داخلي	7 x 7 x 7
11		خارجي	7 x 7 x 7
12	11	خارجي	7 x 7 x 7
13		خارجي	7 x 7 x 7
15		داخلي	7 x 7 x 7

الجدول(6-1):

رقم الحجر	نوعه	المصدر
1	رملي قوقعي	قلعة صلاح الدين
2	رملي قوقعي	
3	رملي قوقعي	
4	رملي قوقعي	
5	رملي قوقعي	
6	رملي قوقعي	رأس شمرا
7	رملي قوقعي	
8	رملي قوقعي	
9	رملي قوقعي	
10	رملي قوقعي	
11	رملي قوقعي	
12	رملي قوقعي	مسرح جبلة
13	رملي قوقعي	
14	رملي قوقعي	
15	رملي قوقعي	
16	رملي قوقعي	
17	رملي قوقعي	

نماذج الحجر ومصادرها

تـم تحضـير عيـنات مكعبـية مـن هذه النماذج أبعادها (7 x 7x 7 سم) لإجراء الاختبارات عليها الصورة (1 و 2).



الصورة (6-1) : عينات حجرية

6- 7 – العمل التجريبي :

تم البحث والاستقصاء عن أفضل مواد ترميم الحجر وزيادة ديمومته مع المحافظة على خواصه الأساسية لتجريبها على عينات حجرية محضرة من المواقع الأثرية ، وقد تم اختيار المادة المسماة :

ethyl silicates with nature catalyst in pollysiloxane) Buima-Repllent – C). المجــربة عالمياً وهي مادة ذات أساس سليكاتي ولها تأثيرات متعددة فهي مادة مقوية للحجر وطـــاردة للماء ، وقد استخدمت هذه المادة لتقوية وحماية وإكساب خاصية كره للماء للواجهات والحجـــارة . وتســتخدم مع الحجر الطبيعي والبيتون وبلوك القرميد وأعطت نتائج ممتازة في مجال ترميم الأبنية التاريخية .

مواصفاتها :

جاء في النشرة الفنية ما يلي:

درجة الاشتعال : 42 س .

الكثافة : 790 غ/لتر .

اللون : شفاف .

المحل : تنحل بالمذيبات العضوية .

تحضير السطح للمعالجة :

يجب تنظيف جميع السطوح المعالجة بشكل جيد جداً من الأوساخ والمواد المفككة قبل تطبيق العلاج ، كما يجب أن تكون جافة .

طريقة تطبيق العلاج :

تستخدم معدات رش غير مضغوطة أو الرولات أو الفراشي ،وينصح بتطبيقه على السطح ثلاث مرات وبمعدل $380\ gr/m^2$.

جفاف الأسطح المعالجة :

تجف الواجهات المعالجة بتأثير الهواء ويمكن لمس السطوح المعالجة أو أن تتعرض للمطر بشكل آمن دون أن تتضرر بعد مرور 8 ساعات .

6-7-1- تحضير العينات الحجرية :

تم تحضير نماذج للحجر الرملي من ثلاثة مواقع في منطقة الساحل السوري وهي : موقع رأس شمرا وقلعة صلاح الدين ومسرح جبلة الروماني .وفق الجدول (6-1)

للمـــاء ،إن الاختبارات المائية[1] على العينات اللبية يمكن أن تعطي قياسات سريعة وفعالة لعمق الاخـــتراق .قــد تتطلب المعالجات غير المائية طرق اختبار أخرى مثل اختبارات المقاومة .قد تعطـــي طـــرق الاختـــبار المخـــتلفة أعماق اختراق مختلفة لنفس العينة نظر لان المواصفات المقاســـة قـــد تتنوع في فعاليتها ،فمثلاً،عندما تدل نتائج طرد الماء على أعماق اختراق كبيرة نســـبياً فـــإن التغيرات في المقاومة قد تحدث فقط بالقرب من السطح.وعلى الرغم من إمكانية التـــنبؤ ،بخطـــأ مقـــبول ،بعمـــق الاخـــتراق المحتمل لمواد العلاج فإنه لا يمكن التنبؤ بمقدار الاخـــتراق الحقيقـــي بدقة ما لم تؤخذ عينات لبية للتحليل .يختلف عمق الاختراق بين الأحجار تبعا لاختلاف خصائصها وتأثير نوع المونة الرابطة وحالة مناطق الوصل .

تتضمن طرق الاختبار المفيدة لتحديد عمق الاختراق ما يلي :

- التغـــيرات اللونـــية المرئية والملاحظة أثناء الرطوبة والجفاف (للمعالجات الطاردة للماء بشكل رئيسي).
- قابلية النفاذ لبخار الماء .
- اختبارات المقاومة .

لوحـــظ فـــي بعـــض الحالات زيادات هامة في المقاومة عند تطبيق مواد التقوية من السيلينات والإكريلات و إيبوكسي والبولي يورتينات .

ولـــم يلاحظ أن أي من مواد المعالجة تسد مسام الحجر الرملي بشكل ملحوظ . بالرغم من أن بعض المعالجات سببت خفضا في المسامية تراوح %(3 - 1.5). كما لاحظ باحثون آخرون حدوث تخفيض في المسامية عند استخدام مواد المعالجة ذات الأساس السيليني .كما بينت النـــتائج المخـــبرية عـــن الحجر الرملي أن التمدد والتقلص الحراري للحجر المعالج ضعيف ويعتـــبر مهمل . تبين وجود اختلاف بين النتائج المخبرية الأمور المستقرأة من سلوك واجهات الأبنـــية كمـــا أن تبايـــن السلوك الحراري لمادة الحجر بين السطح المعالج و السطح الداخلي يمكن أن يتسبب في انفصال السطح المعالج .

[1] إختبارات التشرب بالماء ونفاذية بخار الماء وملاحظة التغيرات اللونية المرافقة للرطوبة والجفاف في العينات المختبرة .

يمكن أن تختلف الكميات الممتصة من مواد المعالجة بشكل واسع تبعا لمسامية ونفاذية الطبقة. إن حالـــة الـــتخرب والفســـاد الحاصل في الحجر تؤثر على الامتصاص فالحجارة المتخربة والخاضـــعة للعوامـــل الجويـــة تمتص كميات أكبر نسبياً من الحجارة السليمة . ويتأثر معدل امتصـــاص مواد المعالجة أيضا باستخدام المذيبات وباللزوجة .ولا يمكن تحقيق اختراق عميق في الحجر إذا كان تبلمر مادة الترميم سريعا جدا .ولذلك فإن بعض الأنظمة تضيف المحفزات إلـــى خليط المذيب الأحادي الذي يسبب سرعة التبلمر، ولكنه يؤخر التحول إلى الجل (الهلام) في بعض الحالات بعد التطبيق .

يمكـــن أن يســـتدل علـــى كمـــية مواد التثبيت أو المواد الطاردة للماء الممتصة من قبل البناء الحجـــري عن طريق عمق الاختراق المحتمل ويمكن حسابه عن طريق قياس وزن أو حجم المـــادة المطبقة. قد تحدث أخطاء بسبب الضياعات المتمثلة باختلاف الاختراقات الحاصلة فـــي الحجر و المونة الرابطة أو (بعض منهجيات الترميم) بسبب الضياعات الحاصلة خلال مـــرحلة الغســـيل بالمذيبات من مراحل العلاج . يحتمل أن تكون الضياعات في مواد التقوية خلال مرحلة الغسيل بالمذيبات ملحوظة في الوقت الذي يكون فيه عمق اختراق مواد المعالجة منخفضاً.

6-6 - تقييم العلاج :

Assessment of treatment effectiveness

هـــناك عـــدد من المعايير التي يمكن أن تستخدم في تقييم أداء أي نوع من المعالجات بالمواد المقوية أو بالمواد الطاردة للماء .ويمكن أن تلخص بـــ :

- عمق اختراق المعالجة .
- تغيرات في القوة (المقاومة).
- التغيرات في المسامية .
- التغيرات في تراكيز الشوارد في مسام الحجر .
- التغيرات اللونية .

إذا كان المطلوب معرفة عمق الاختراق بدقة فلا بديل عن إجراء السبر والقياسات على الرغم من إمكانية الحصول على دلالات أولية عن عمق الاختراق من خلال قياس حجم مواد العلاج المطـــبقة أو معـــدل التشـــرب بالمـــاء أو مسامية الحجر الرملي أو قابلية النفاذ ، بشرط توفر المعلومـــات الأولـــية عن قياس عمق الاختراق ليكون إجراء المقارنة ممكنا.ولا يوجد اختبار واحـــد بحد ذاته يمكن أن يحدد بفعالية عمق الاختراق لكل المعالجات. من أجل المواد الطاردة

- عند وجود أملاح منحلة في الحجارة غير المعالجة فإن قوى الامتصاص الشعري المتولدة عن تبخر الماء على السطح سوف تسبب ترسيب هذه الأملاح على السطح أو بالقرب منه.في الحجر المعالج بمواد طاردة لا يمكن للماء الخروج إلى السطح ويجب أن يتبخر داخل الحجر وتحت مستوى عمق اختراق المواد الطاردة. وقد يتسبب ذلك في ترسيب وتركيز الأملاح المنحلة داخل الحجر .ويمكن عندئذ أن تلحق أضرار بالحجر عن طريق الزيادة في ضغط البلورات أو حجمها.
- لقد وجد أن لبعض مواد المعالجة السيلينية إمكانية زيادة حساسية الحجر الرملي لعمليات التخريب الناتجة عن الحموض .

6-4-7- تبخر المذيبات :
Emissions of solvents

قد يستمر تبخر المركبات العضوية سريعة التبخر (VOCs) لعدة أسابيع تلي المعالجة . مما يهدد بخطر الحريق ومعظمها يشكل تهديدا للصحة ويتطلب أقنعة للوجه مع فلاتر مناسبة لتستعمل عند الدنو منها خصوصاً في المناطق المحصورة . والخطر الناجم عن مواد المعالجة غير البوليميرية (السيلينات مثلا) لا يحتمل أن يستمر لأكثر من بضعة أيام وكذلك البوليميرية سريعة نسبيا.ومن ناحية أخرى فقد يبقى تركيز المذيبات في المناطق المحصورة يشكل خطراً على الصحة العامة .

6- 5 – أساليب تطبيق وامتصاص مواد المعالجة :
Method of application and uptake of treatment

يمكن أن يكون لطريقة التطبيق أهمية كبيرة من حيث تأثيرها على عمق اختراق مواد التقوية أو المواد الطاردة للماء.وتشمل طرق التطبيق (المخبرية منها والحقلية) : التطبيق بالفرشاة والرش و الحقن والامتصاص الشعري و تفريغ الهواء والنزح بالضغط و الغمر الكلي .إن أعماق الاختراق التي تتحقق في الشروط المخبرية ليس بالضرورة أن تتحقق في التطبيقات الحقلية إذا لم تكرر التجارب المخبرية ، قدر الإمكان ،على حالات مشابهة للواقع فمن غير المحتمل أن تعكس النتائج المخبرية الحالات التي نصادفها في واجهات الأبنية .

تطبيق العديد من المواد الطاردة يقلل معدل تبخر الرطوبة من الحجر ،فمن غير الواضح أن المواد الطاردة للماء سوف تحد من نشاط الرطوبة في الحجر .

- من المهم جدا أن لا تؤدي المعالجة إلى تخفيض جوهري في مسامية الطبقة المعالجة لأن المونة الرابطة والحجر المعالج يجب أن يكونا قادرين على فقد الرطوبة بالتبخر لتجنب احتجاز الرطوبة خلف المنطقة المعالجة.
- قد يبدل تغيير المسامية من مقاومة الحجر للأضرار الناتجة عن تبلور الأملاح أو الصقيع والتجمد .
- يجب أن تكون درجة تمدد وتقلص الطبقة المعالجة بفعل الحرارة والبرودة قريبة قدر الإمكان من الطبقات السليمة المحيطة لتجنب حدوث انفصال للمنطقة المعالجة.
- لقد وجد أن بعض مواد التقوية والمواد الطاردة-المقوية قادرة على تحقيق زيادة ملحوظة في المقاومة في الحجارة المعالجة .وليس بالضرورة أن الأقوى هو الأفضل حيث أن المطلب الوحيد لمواد التقوية هو تخفيض معدل تخرب وفساد سطح الحجر عن طريق إعادة ربط الحبيبات المخلخلة.لا يفترض بشكل عام أن يتحمل السطح أي حمولات ولذلك فليس من المطلوب أن يتمتع بمقاومة مميزة.قد تؤدي تقوية السطح إلى مشاكل تشمل الاختلاف في التمدد الحراري أو انسداد المسام أو زيادة الهشاشة والتي يمكن أن تسبب تقشر و انسلاخ السطح المعالج .

6-4-6 - زيادة الحساسية للتخرب :

Increased vulnerability to decay

- إذا عملت مواد التقوية على زيادة نسبة المسام في الطبقة فهذا يمكن أن يؤدي إلى زيادة القابلة للتعرض لأضرار الصقيع.
- لقد وُجد أن العديد من مواد المعالجة بما فيها السيلينات والإكريلات والبولي يوريثينات تؤدي إلى زيادة حساسية الحجر الرملي لعمليات التخريب المرتبطة بتبلور الأملاح ، ومع ذلك فقد لوحظ في عدد من الحالات نقصان في هذه الحساسية ، ولا يمكن في الوقت الحاضر التكهن بتأثيرات العلاج على حساسية الحجر للتخريب الناتج عن الأملاح .
- قد تؤدي الفلو سليكات إلى تكوين أملاح منحلة في الطبقة المعالجة .

6-4-4- التغيرات اللونية:
Color changes

- قــد تحــدث تغــيرات فــي المظهر واللون عند استخدام المواد المقوية أو المواد الطــاردة للماء بما فيها السيلينات والفينيلات والإيبوكسي والبولي يوريتينات والفلو سيليكات . تتنوع درجة تغير اللون وتعتمد على مادة الحجر المعالج ومواد العلاج وطريقة تطبيقه وبتوفر بعض الظروف فإن بعض المعالجات لا تسبب تغيرات في اللون.
- قــد تكون الفروق اللونية ظاهرة على الحجر المعالج في حالتي الرطوبة والجفاف .يمكــن للمــواد الطاردة للماء بشكل خاص أن تغير المظهر الطبيعي للحجر عند تعرضه لمياه الأمطار.
- تــتحول بولــيمرات الفينيل إلى اللون الأبيض الكامد (غير شفاف) عندما تترطب ولكنها تعود إلى حالتها الشفافة عند الجفاف.
- قد يحدث لمعان في سطح الحجر بسبب ترسب البوليميرات على السطح.
- قد تحدث التغيرات اللونية بسبب تغير خصائص البوليميرات بمرور الزمن.
- تتنوع حساسية البوليميرات للمؤثرات المختلفة ولكن بعضها، بما فيها بعض المواد الإكريلــية والإيبوكســي والبولي إستيرات ،تتخرب بسرعة عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية.
- البوليميرات الناعمة نسبيا (مثل بعض بوليميرات الفينيل) قد تجذب الأوساخ .

6-4-5- التغيرات الفيزيائية:
Physical changes

- يمكــن للمعالجات أن تؤثر على كل من امتصاص الرطوبة ومعدلات التبخر بطرق لا يمكن التنبؤ بها وتحديدها .
- فــي حين أن المواد الطاردة للماء يمكن أن تمنع أو تقلل دخول الماء السائل عبر سطح الحجر فإنها لا تستطيع منع دخول الماء على شكل بخار أو عبر الشــقوق عــند مــنطقة المونة الرابطة بين الأحجار أو عن طريق ارتفاع الــرطوبة (الخاصــية الشعرية) أو بالانتقال من الأجزاء المحيطة . وبالتالي فبالرغم من أن المواد الطاردة ستتمكن من تقليل مقدار اختراق الرطوبة في الحجــر فإنــه لا يمكن أن نضمن أنها ستمنع كل الرطوبة.،وعلى فرض أن

- عندما يكون محتوى الحجر من الأملاح عاليا فإن ذلك يعيق تبلمر والتصاق المواد ذات الأساس السيليني.
- إن وجود الكالسيت في الحجر يثبط تبلمر السيلينات.
- تبلمر السيلينات يكون أسرع بوجود درجة رطوبة مرتفعة نسبيا،بالإضافة إلى امكانية حدوث تبلمر أسرع عند ارتفاع الإجهاد على البوليمرات التي يمكن أن تتوضع في الشقوق فيما بعد .
- عندما تخضع المادة إلى انخفاض في الحجم عند وضعها فإن ذلك يمكن أن يسبب اجهادات على الحجر إذا التصقت هذه المواد على حبيبات الحجر قبل إتمام الانكماش.
- لقد وجد أن النموذج الأخير من البوليميرات المشتقة من المواد ذات الاساس السيليني تعتمد بشكل كبير على نوع المذيب المستعمل وعلى وجود أي نوع من المحفزات وحتى على الأسلوب المختلط .
- يمكن أن تسبب إعادة تطبيق المعالجات ذات الأساس السيليني انتفاخا وتضخما في المادة إذا لم تعطى الوقت الكافي.

6-4-3-استقرار البوليميرات :

Polymers stability

- إن البوليميرات ذات الأساس السيليني مستقرة جداً بشكل عام . بينما بعض الأنواع الأخرى من مواد المعالجة قد تتغير مع الزمن من خلال تعرضها لفعل الضوء والحرارة والرطوبة والعوامل الفيزيائية أو الكيميائية أو للأحياء الدقيقة.
- بعض البوليميرات العضوية ضعيفة المقاومة للحرارة أو الأشعة فوق البنفسجية أو الحموض .
- قد تتخرب البوليميرات العضوية بتأثير الأحياء الدقيقة والتي يمكن أن تتغذى عليها.

4-6 – مشاكل أساسية:

Potential problems

فيما يلي أهم الإشكاليات التي يجب أخذها بالاعتبار لإعطاء معالجات سليمة:

6-4-1- عمق الاختراق:

Depth of penetration

- قد يعطي اختلاف تقنيات ووسائل القياس قيماً مختلفة لعمق الاختراق .
- إذا توجـــب أن يزيد عمق الاختراق عن 25mm فإن بعض مواد المعالجة السيلينية و والبولـــي يوريتانـــية تكون فعالة.تملك الإكريلات والفينيلات ومواد الإيبوكسي والبولـــي يوريتان وبيرفلورو بولي إيثيرات اختراقاً ضعيفا في الغالب (ومن جهة أخرى فإن المعالجات الطاردة للماء قد لا تتطلب اختراقات عميقة).
- عندما يكون الاختراق صغيراً قد تبرز مشكلات تترافق مع تقشر السطح أو تبلور الأملاح أو أضرار التجمد والصقيع تحت الطبقة التي تمت معالجتها.
- يـــتم حـــل العديـــد من المواد المقوية بالمذيبات لإعطائها لزوجة منخفضة وكافية لاختراق الطبقات.وبالتالي فإن البوليميرات تترسب كنواتج لتبخر المذيب .إذا كان التبخر سريعا جدا فقد تسحب الرواسب خارجا وتترسب على السطح.
- إن الســـيلين المجـــرد ســـريع التطاير وقد يتبخر عن السطح قبل أن يحدث تفاعل البلمرة.
- إذا تكثف هذا البخار على سطوح أخرى فقد يحدث تفاعل البلمرة في المناطق التي لا يراد معالجتها.
- يحـــتاج تفـــاعل بلمرة السيلينات لوجود الماء.وإذا لم يتوفر الماء طيلة فترة التميه فعندئذ لن يستمر التميه حتى نهايته وستضيع معظم المادة المثبتة بالتبخر.
- فـــي الوقت الذي تتطلب السيلينات وجود الماء لإنجاز البلمرة فإن وجود الرطوبة فـــي الطبقات قد يثبط ويعيق تفاعل البلمرة والاختراق لأنواع المعالجات الأخرى (الإكريلات مثلاً).

6-4-2- تكوين البوليميرات:

Polymer formation

6-3- معيار المعالجة الناجحة:

: criteria of successful treatment

عــندما تطــبق مواد التقوية أو المواد الطاردة للماء بشكل ملائم فإن هناك بعض المعايير التي يجب أن تحترم وهي :

- ملائمة المعالجة المطبقة مع نوع الحجر.
- التصاق المواد الجيد مع الحجر .
- نفــاذ المعالجــة إلـــى عمق 25mm على الأقل أو حتى عمق الاهتراء والتخريب.(هذا بالنســبة للمــواد المقوية أما بالنسبة للمواد الطاردة للماء فيجب أن تتوضع بالقرب من السطح).
- يحب أن تكون المواد قليلة اللزوجة وتوترها السطحي معتدل، ومتوسط وزنها الجزيئي مــنخفض ونشــاطها الكيماوي منخفض خلال الساعات الأولى التي تلي تطبيقها على الحجــر. تزيد هذه العوامل من اختراق المواد داخل الحجر على الرغم من أن الوزن الجزيئي المنخفض جداً قد يؤدي إلى طرد المواد إلى السطح أثناء تبخر المذيب .
- يجــب أن تكون مواد المعالجة قادرة على مقاومة وتحمل جميع مجالات تغير درجات الحرارة المحتملة والتي يمكن أن تحدث في واجهات الأبنية .
- يجــب أن لا تــؤدي المعالجـــة إلـــى سد مسام الحجر أو أن تقلل بشكل كبير معدلات حركة الرطوبة داخل الحجر.
- يجــب أن لا تغير المعالجة مسامية الحجر كأن تجعل الحجر أكثر حساسية لأضرار الصقيع والتجمد مثلاً.
- بجــب على المعالجة،عند تطبيقها على الحجر المتخرب ،أن تغير خصائصه الفيزيائية بشكل يكون أقرب ما يمكن من الحجر السليم.
- يجــب أن لا تسبب المعالجة تلونا أو تغيرات على سطح الحجر وأن لا تسبب تغيرات في اللون مع مرور الزمن .
- يجــب أن لا تكــون المعالجـــة حساسة للتخريب بتأثير الأملاح أو الحموض في مياه المطر أو غازات الغلاف الجوي أو الملوثات أو الأحياء الدقيقة .
- يجب أن تطبق المعالجات بمعدلات متشابهة على الحجارة السليمة .
- يحب أن تحوي المعالجات على كميات منخفضة من المذيبات (لأسباب صحية وبيئية).

- البولـــي إستير***** Polyesters : تبدي البولي إستيرات مقاومة ضعيفة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية والحموض والأسس. واستمرار عملها على المدى الطويل ضعيف ولقد وجد أن استخدامها غير مفيد في المعالجات المحافظة على الحجر.
- بــيرفلورو بولـــي إيـــتر Perfluoropolyethers: يستخدم بشكل عام كمادة طاردة للماء حيــث أنـــه لا يملك تأثيرات لاصقة أو أنه ضعيف.وتملك هذه المواد ثباتا تحت تأثير الأشـــعة فـــوق البنفســـجية وهـــي قابلة للانتزاع نظريا من الحجر من خلال قابليتها للانحـــلال فـــي مذيـــبات الفلورين .وتستمر هذه المواد بالحركة والتنقل داخل الحجر ولذلـــك يـــبطل مفعولهـــا مـــع الزمن.ودرجة تنقلها تتعلق بالاستقطاب وحجم الزمرة الوظيفـــية ومســـامية الحجر،ويكون التراجع في فعاليتها أقل في الحجر الأقل مسامية .ولهذا فإن هذه المواد تعطي مفعول أفضل في نماذج الحجر قليلة المسامية.
- الفلوســـيليكات Flu silicates: جـــرى اختـــبار الفلوسيليكات من المغنيزيوم والزنك و الألمنـــيوم كمـــواد مقوية ومثبتة للحجر.ولكن الحموض الداخلة في تركيب هذه المواد سوف تهاجم الحجارة الكلسية (المتكلسة) مسببة تصلبا (تقسية) لطبقة السطح من خلال ترسيب فلوريد الكالسيوم . ولقد أثيرت الشكوك حول مسؤولية الفلوسيليكات عن تقشر وتسريع اهتراء بعض الحجارة الرملية التي جرت معالجتها.
- هيدروكســـيد الـــباريوم Barium-hydroxide (لمعالجة الحجر الكلسي): لقد استخدمت طـــرق المعالجـــة المعـــتمدة علـــى هيدروكســـيد الـــباريوم في تقوية الحجر الكلسي المـــتخرب.إن المعالجة باستخدام هيدروكسيد الباريوم ،بالإضافة إلى تكوينها لكربونات الـــباريوم ،فهـــي أيضا تتم عن طريق تحويل كبريتات الكالسيوم إلى كبريتات الباريوم غـــير المـــنحلة نســـبيا.ولقد جرى في الماضي استخدام الباريوم في العلاج كخليط مع محلـــول حمـــض ثنائي للحصول على نواتج من مركبات الباريوم غير المنحلة.فقد تم اســـتخدام حموض كل من السيليكون والفلور والكربون والكبريت والكروم والفوسفور .وتتضـــمن سلبيات هذه المعالجات ألتغيرات اللونية أو البنيوية وطبيعة تأثيرات التثبيت والدعم قصيرة الأمد لهذه المواد.
- رائـــق الكلـــس Limewater (لمعالجـــة الحجر الكلسي): لقد كان الكلس يستخدم كمادة مقويـــة للحجر الكلسي .يتحول الكلس إلى كربونات الكالسيوم عن طريق الكربنه عند اتصـــاله مع الهواء.وتنوعت النتائج وفي حين أن بعض الباحثين وجدوا النتائج مشجعة فإن آخرين اعتبروها بدون جدوى.

***** البولي أستير :ويضم مجموعة كبيرة أهمها حمض دي كربوكسيل $HOCH_2CH_2OH$.

جزئـيا،أقل مـنها للسيلينات وهي قابلة للانحلال في المذيبات العضوية.إن المواد ذات الأساس السيليني بشكل عام تملك القدرة على اختراق المسام العميقة نسبيا على الرغم مـن أن النتائج قد تختلف .وقد ثبت حدوث تحسن ملحوظ في متانة الصخر باستخدام السـيلينات .إن البوليمـيرات عناصـر مستقرة ولا تتفكك أو تنهار بتأثير الأشعة فوق البنفسـجية أو عند تعرضها للأمطار الحمضية ومع ذلك فإنها قد تتخرب بوجود بخار السيلينات خلال إعادة تطبيق مواد التقوية في حال لم تكن المعالجات السابقة ناجعة.

- مـواد التقوية الإكريلية** Acrylic consolidants: يمكن للمواد اللاصقة الإكريلية،التي قـد تـم اسـتخدامها علـى الحجـر وتتضمن (ميثل أكرليت،ميثيل ميثاكريليت،إتيل ميثاكريليت،بوتـيل ميثاكريليت)أن تحقق زيادة ملحوظة في متانة الحجر.وعندما يكون الحجـر خالـيا من الملوثات فإن البولي ميثيل ميثاكريليت (PMMA) يكون مستقراً ومقاومـا للحـرارة والأكسـدة والأشـعة فـوق البنفسجية ولا يصفر مع الزمن.بينما الإكريلات الأخرى أقل ثباتا .
- مـواد التقوية من الفينيل*** : Vinyl consolidants وتضم كلا من البولي فينيل كلوريد(PVC) والبولـي فينـيل أستيت (PVA).وعلى العموم فقد اعتبرت مواد تقوية غير ناجحـة وغيرجـيدة حيث أنها تميل لإعطاء سطح الحجر مظهرا لماعا ومن الصعب تحقيق اختراق جيد لها ضمن الحجر.
- الإيبوكسـي**** : Epoxies تصـنع المواد اللاصقة (الصمغية) الإيبوكسية عن طريق جمـع وربط بوليميرات الايبوكسي.ذات الوزن الجزيئي المنخفض.ويمكن لهذه المواد أن تحقـق زيـادة ملحوظه في مقاومة المادة المطبقة عليها ومع ذلك فإنه قد وجد أن اسـتعمالها غـير عملـي بشـكل عام كمواد مقوية ومثبتة للحجر الرملي بسبب عمق اختراقها المنخفض.
- البولـي يوريتين******** : Polyurethane تطبق هذه المواد على الحجر بشكل مذيبات أو مـواد مترسـبة حيث أن المحلول المكثف منها يمكن أن يحقق زيادة ملحوظة في مـتانة الحجـر ولكنها غير مقاومة للتخريب عند تعرضها للحرارة والضوء ولذلك يتم خلطها مع المواد المثبتة.

** الأكريلات:وهي مواد بوليميرية لها الصيغة التالية CH_2CHCO_2R ،والجذر R يمكن أن يكون ميثيل CH_3 أو إتيل CH_2CH_3 .

*** الفينيل: مواد عضوية مؤلفة من سلسلة كربونية بشكل رئيسي ولها عدة أنواع يتم تصنيعها منذ خمسينات القرن العشرين.

**** الإيبوكسي :اسمه العلمي بولي فينيل أوكسيد ورمزه PPO ,وله عدة أنواع منها ما يدخل في صناعات العزل الكهربائي والأخر يدخل في صناعة مواد البناء .

**** البولي يوريتين :أحد مواد عزل الأسطح وله أنواع عديدة ويتكون بشكل أساسي من مركبات مجموعة الإيزوسيانيد ،يتم تخفيفة (معادلته) بإضافة زيوت خاصة .

**** البولي يوريتين :أحد مواد عزل الأسطح وله أنواع عديدة ويتكون بشكل أساسي من مركبات مجموعة الإيزوسيانيد ،يتم تخفيفة (معادلته) بإضافة زيوت خاصة .

6-1- مقدمة :

شـــهد مجال صناعة مواد البناء تطوراً ملحوظاً في إنتاج مواد مضافة لزيادة الديمومة فـــي ظـــل العدائـــية الشـــديدة في الأجواء المحيطة نتيجة إرتفاع نسب التلوث الجوي وزيادة النشاطات البشرية المتلفة والتي أدت إلى زيادة معدلات التلف وحدته وانتشاره . ولما كان هذا الأمـــر يطـــال الأبنـــية التاريخـــية كان من الطبيعي البدء بإنتاج مواد لمعالجة مظاهر التلف المستخدم فيها تراعي خصوصية هذه الأبنية ومتطلبات علم الترميم (راجع الفصل الأول) .
يتـــناول هذا الفصل أهم أصناف هذه المواد وخصائصها والإشكاليات المتعلقة بها ، ثم يعرض لدراســـة تجريبية استخدم فيها أحد هذه الأصناف في محاولة لتقييم نتائج هذه المعالجة ودراسة مدى ملاءمتها .

6-2- أنواع مواد التقوية والمواد الطاردة للماء :

Types of repellents and consolidate materials

تصـــنع المـــواد الطـــاردة للماء لمنع أو تقليل نفاذية الماء في النسيج الحجري بهدف تقليل معـــدلات التخريـــب.وتصـــنع مواد التقوية لتقوية وتثبيت الحجارة الضعيفة وتقليل سرعة فقد وضـــياع ســـطح الحجر عن طريق ربط الحجر المتفكك من خلال سد الثغرات والفجوات بين الحبيبات.وبعض مواد المعالجة تملك خصائص كلا النوعين معا .فبعضها هو بالأساس مواد طـــاردة للمـــاء ولكـــنها تملك تأثيرات تقوية وبعضها الآخر بالأساس مواد تقوية و تملك أيضا تأثيرات المواد الطاردة .

- المـــواد ذات الأســـاس السيليني* Silane-based materials: وتضم هذه المواد أنواعاً ونماذج مختلفة من مركبات السيليكون التي تعالج بالبلمرة لتشكل أنواعا هلامية شديدة الامتصـــاص (مـــن قـــبل الحجر) . وعندما يجف الهلام يشكل رواسب من مركبات الســـيليكا تـــبقى في الحجر.بعض الأنواع (تيترياللك أوكسيلانيس مثلا)لاتملك خواص طـــاردة للماء بينما أنواع أخرى (ترياللك أوكسي سيلانس مثلا) تملك نوعا ما خواص المـــواد الطـــاردة للمـــاء والتي يمكن التحكم بهذه الخواص عن طريق تعديل خواص المـــواد الابتدائـــية. إن ســـرعة تبخر البولي سيلوكسانس ،والتي هي سيلانات مبلمرة

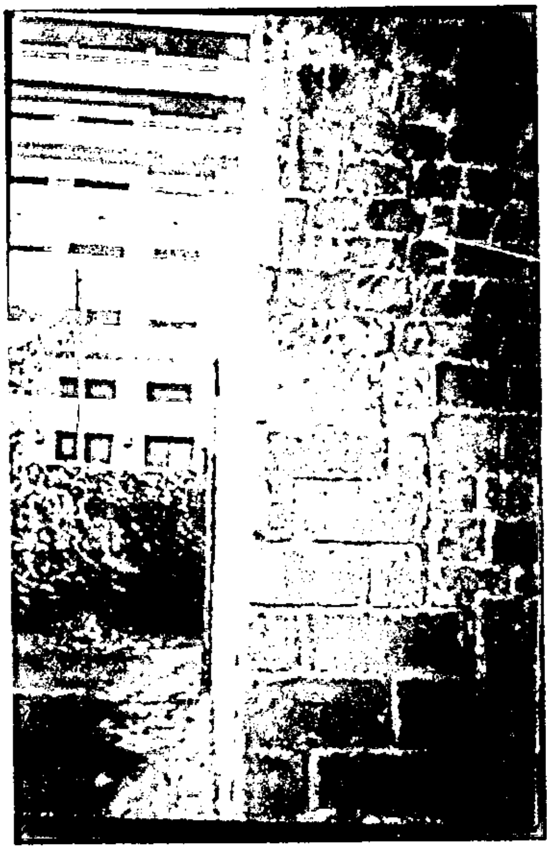
*السيلينات (silanes) وهي عبارة عن هيدرات السليكون وصيغتها العامة (Si_nH_{2n+2}) وابسط صيغة لها SiH_4 وهو عبارة عن غاز عديم اللون ، يسيل بالدرجة -112°C درجة مئوية ويتجمد بالدرجة -185°C درجة مئوية ويتفكك ببطء عند الدرجة 250°C إلى عناصره الأساسية وعند الدرجة 500°C يتفكك بسرعة.

الفصل السادس

المواد المستخدمة في ترميم الحجر وطرق التقييم

(الحجر الرملي المستخدم في منطقة الساحل السوري – مثال عملي)

• شق في القوس السابع من الواجهة الشرقية من الداخل ، مع ملاحظة أنه فوق القوس يوجد بناء في الطابق الثاني . الصورة (5-24) .



الصورة (5-24) :متحف اللاذقية

القوس السابع – واجهة شرقية

=========

4. يشـــكل الـــنمو الحـــيوي للأشـــنيات أو للنباتات الأرقى حالة شائعة بسبب توفر الشـــروط الملائمة ، ومرة أخرى يلاحظ الكثافة النسبية لهذا النمو على الواجهة الشـــمالية بسبب بقاء الرطوبة لفترة أطول . كما يتأثر نشاط هذا النمو بالعوامل الجوية .
5. يلاحـــظ وجـــود علاقة تفاعلية بين عوامل التخريب ومظاهره، فمثلاً كان النمو الحـــيوي أكـــثر تواجداً على الواجهة الشمالية كما ذكرسابقاً كان التواجد الأكثف لهـــذا النمو على القوس 4 وضمن الواجهة الشمالية الشكل (5-12)، ويعود ذلك إلـــى وجود أنابيب تصريف غير كتيمة ترشح منها المياه على جانبي هذا القوس هـــذا الأمـــر يـــؤدي إلى توفر درجة رطوبة أعلى تسبب هذه الكثافة في النمو النباتي .

بالـــرغم من أن هدف هذه الدراسة توثيق مظاهر تلف الحجر وعوامله المسببة تمهيداً لاقـــتراح الطرق المتطورة المستخدمة في العلاج والتي ستناقش في الفصل القادم ،إلا أنه من الواجب الإشارة إلى أمر هام يتعلق بمبنى متحف اللاذقية ألا وهو وجود بوادر لإخفاق إنشائي في الجملة الحاملة تتمثل بظهو شقوق واضحة للعيان في جسم النسيج الحجري ولعل أخطرها:

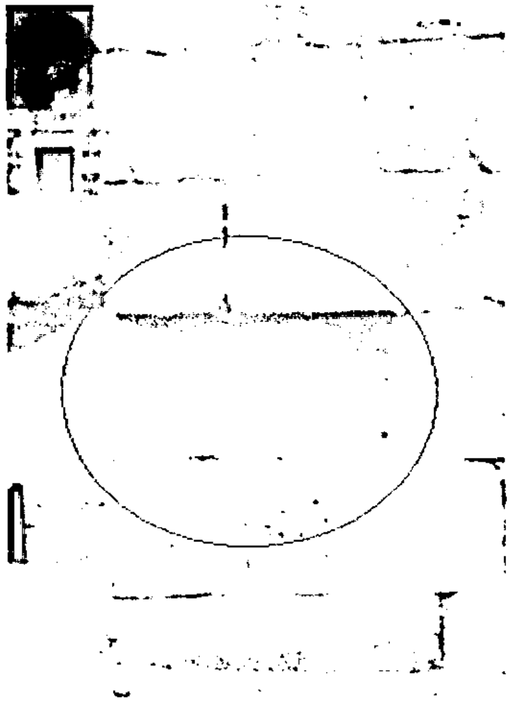
- شقان موجودان في القوس الثاني من الواجهة الشمالية ،الصورة (5-23).



الصورة (5-23): متحف اللاذقية

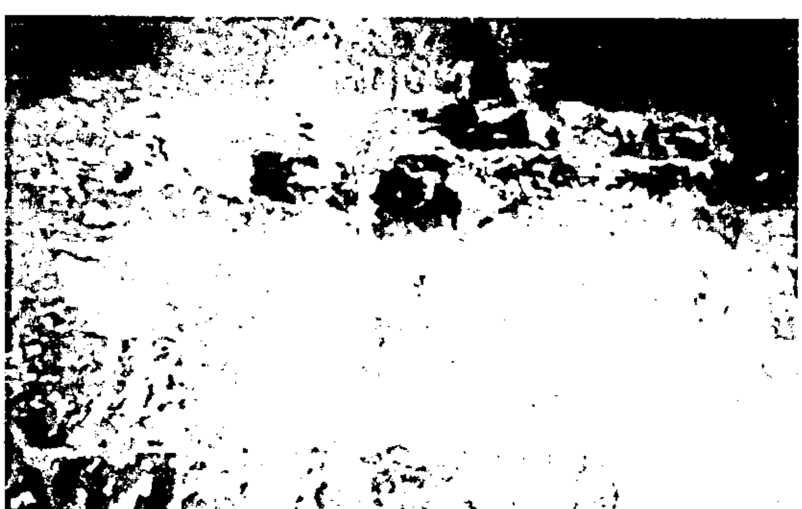
القوس 2 -واجهة شمالية

يظهر شق مركب مائل في الجهة التي توجد فيها غزفة في الطابق الثاني



الصورة (5-21): الركن الشمالي للواجهة الغربية
يلاحظ التآكل (الفقد) في مادة الحجر الكبير بالنسبة للمحيط

- يظهر بشكل واضح التأثير السيء لدق مسامير وأجسام معدنية قابلة للصدأ في مادة الحجر حيث يلاحظ تركيز لظهور الطبقة القاتمة حول هذه المناطق . وهذا الأمر ملحوظ أيضاً في مسرح جبلة حيث تظهر الصورة (5-22) سقف رواق في مسرح جبلة والصورة (5-16) صورة سقف رواق في متحف اللاذقية.



الصورة (5-22) : مسرح جبلة



الصورة (5- 20) : يلاحظ سقوط القشرة الغامقة عن الحجر ومعها حبيبات السطح وتكشف الطبقات الطرية التي تصبح سطحية والتي تتعرض للمصير نفسه .

- إن مظاهـــر الـــتلف تمر بمراحل خمول ونشاط أي أن عملها ذو طبيعة متقطعة حيث أنها مرتبطة بالظروف الجوية (حسب الفصل).

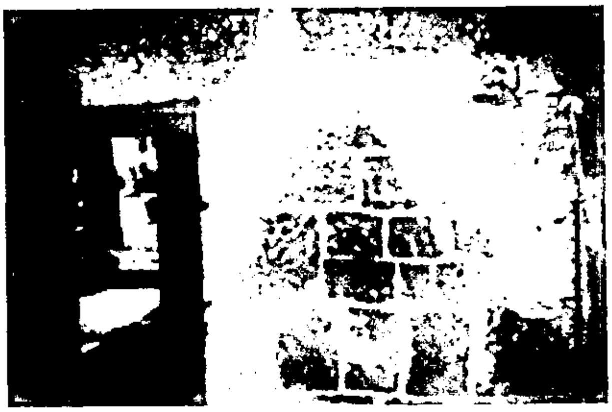
3. يشكل التخريب الناتج عن النشاط البشري حضوراً ملموساً في تأثيره على حجر البناء ، ويمكن الإشارة إلى النقاط التالية :

- عند إعادة تأهيل البناء ليستثمر كمتحف جرت إزالة الرابط الأصلي بين الحجـــارة واســـتخدمت المونـــة الإسمنتية بدلاً عنه .مما أدى إلى كشط ميكانيكـــي لمـــادة الحجـــر عند مناطق الإتصال ،كما أن وجود المونة الإسمنتية الغريبة عن الحجر قد عطل حركة الاتصال الطبيعي للحجارة فـــيما بيـــنها (حركة الرطوبة – التمدد الحراري ...) مما أفقد الواجهة الحجرية القدرة على العمل بشكل نسيج حجري مترابط .
- نلاحـــظ من نتائج الدراسة الميدانية أن أغلب الحجارة المتعرضة للتآكل قريـــبة مـــن سطح الأرض على شكل حالات فردية وأن معظم عمليات التلف تمر في مرحلة خمول ، ويفسر هذا الأمر على أنه ناتج عن عمل بشـــري أثناء حفر المناطق الملاصقة للجدران عند إعادة تأهيل المبنى . الصورة (5-21).

بعد هذه الدراسة الميدانية يمكن تسجيل الملاحظات والنتائج التالية :

1. يشــكل مبنى المتحف نموذجاً للبناء القديم الخاضع لتأثيرات البيئة المدنية والبيئة الساحلية البحرية .
2. تعكــس مظاهــر التلف وعوامله الموجودة كافة مظاهر التلف الجوية المرتبطة بهاتين البيئتين ،ويمكن تلخيص هذه المظاهر بما يلي :

- تشكل طبقة سوداء تغطي الواجهات الحجرية ناتجة عن مخلفات التلوث الجوي الناتج عن البيئة المدنية.
- تشــكل طبقة داكنة مائلة للإحمرار على سطح الحجر ناتجة عن هجرة الأمــلاح وترســبها على سطح الحجر بتأثير الرطوبة المحملة بالأملاح الــبحرية مــع غــازات التلوث الجوي . ويمكن ملاحظة تأثير العوامل الجويــة وطبــيعة الطقس من خلال ملاحظة أن مظاهر التلف منتشرة بشــكل أكبر على الواجهة الشمالية بالدرجة الأولى ثم الغربية . الصورة (5-19). وهــذه الطبقة أكثر انتشاراً في المناطق الداخلية وأكثر نشاطاً إذ وصلت إلى مرحلة التفكك الحبيبي لأن المناطق الداخلية محمية وتبقى فــيها الــرطوبة فترة أطول من الواجهات الخارجية التي تجف بسرعة أكبر الصورة (5-20).



الصورة (5- 19) : متحف اللاذقية

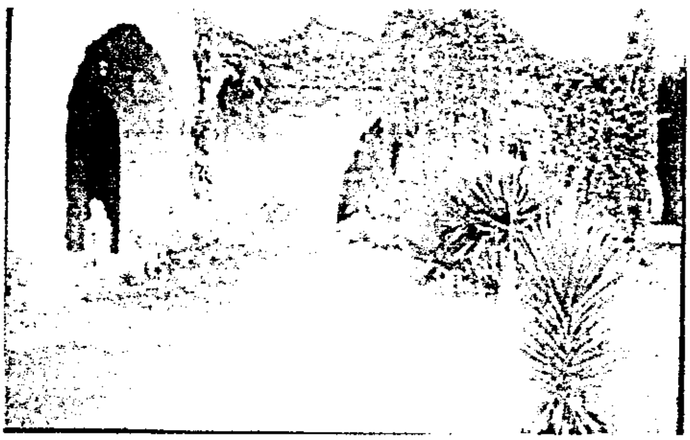
جدار داخل الطابق الأرضي موازي للواجهة الشمالية

مواجه تماماً لفتحة القوس 3 من الواجهة الشمالية

تلاحظ ظاهرة تملح الحجر في المحيط وتلاحظ المرحلة المتقدمة لهذه العملية في الوسط حيث تحول الطبقة الملحية مع الزمن إلى طبقة غامقة ،تبدأ بعدها بالانسلاخ عن وجه الحجر

5-3-7- الفناء الداخلي :

ويتوسط كتلة البناء ، شكله مستطيل تقريباً (21 x 26m). مستخدم كحديقة داخلية ، تعانـــي الواجهـــات الأربع المطلة عليه من مظاهر وعوامل تلف مشابهة للواجهات الخارجية ولكـــن بدرجـــات أقل ، ويلاحظ وفرة النمو النباتي (نباتات الزينة) على الواجهات الداخلية من أجل الناحية الجمالية الصورة (5-18) .



الصورة (5-18) : متحف اللاذقية – الفناء الداخلي

================



الصورة (5-17) :متحف اللاذقية –الجدران الداخلية

يلاحـــظ وجود طبقة غامقة (رمادية إلى سوداء) ووجود إهتراء شديد أدى إلى تكشف الطبقات التحتـــية للحجر كما يلاحظ حدوث تفكك حبيبي حيث تحررت الحبيبات و تركت السطح تحت تأثـــير عوامـــل ميكانيكية واستقرت أسفل الحجر (في المكان المشار إليه) و يفسر هذا التفكك الحبيبـــي أنه ناتج عن تأثير غازات التلوث الجوي بمساعدة الرطوبة المحملة بالأملاح البحرية علـــى فلزات الملاط الرابط بحيث تتحول إلى أملاح منحلة وبالتالي تحطيم بنية الملاط فتترك الحبيبات حرة .ويسود هذا الشكل من أشكال التخريب بشكل ملحوظ في مسرح جبلة الروماني وبدرجات أقل في متحف اللاذقية .



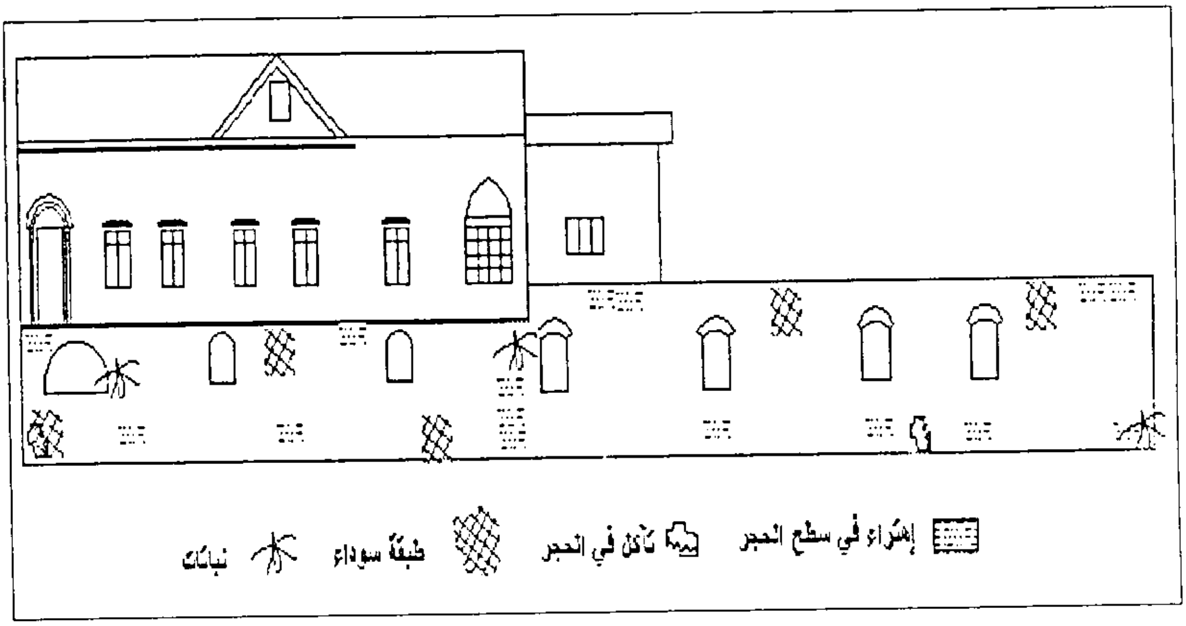
الصورة(5- 16):متحف اللاذقية

تظهر الطبقة الغامقة في سقف الطابق الأرضي

ويلاحظ أن انتشارها كثيف حول خط الذروة حيث تم دق مسامير وأسافين للتمديدات الكهربائية .

القسم الثاني : الجدران :

تعاني الجدران من وجود الطبقات الغامقة نفسها الموجودة على حجارة السقف .وتترافق أيضاً مع مظهر جديد من مظاهر التلف يتلخص بالتفكك الحبيبي للحجر والتي تنتشر بشكل خاص في جدران الأروقة الموازية والقريبة من الواجهة الشمالية.وبالنسبة للحجر تكون على شكل حفر متفرقة في السطح تتكشف من خلالها الطبقة التحتية الطرية وتأخذ شكل أخاديد في المنطقة الفاصلة بين الأحجار .ويمكن ملاحظة حبيبات الرمل المتفككة ،متجمعة على الأرض أو في الأخاديد بعد أن غادرت السطح الذي انفصلت عنه بتأثير العوامل المختلفة وأهمها الجاذبية الأرضية .



الشكل(5-23):الواجهة الجنوبية

5-5-6- الأروقة والغرف :

تقسم إلى قسمين :

الأول: السقف ،والثاني :الجدران .

القسم الأول ؛ السقف:

يعاني سقف الطابق الأرضي عموماً – في الغرف الست وفي الأروقة – من مظاهر تلف واضحة متمثلة بتغطية سطح النسيج الحجري بطبقة غامقة مائلة للاحمرار ناتجة عن تأثير العوامل الجوية على الحجر وتعاقب ترسب الأملاح والملوثات الجوية ،وتزداد هذه المظاهر حدةً من حيث السماكة والانتشار والنشاط (ويقصد بالنشاط تطور هذه الطبقات وتجددها) كلما اقتربنا من الواجهتين الشمالية والغربية ،ويلاحظ حدة هذه المظاهر على طول خط ذروة التقوس وهي المناطق التي تم إدخال أجسام غريبة في الحجر (مسامير وأسافين لتثبيت التمديدات الكهربائية).